
**結合崩塌機率模式與 BigGIS 系統
發展震後坡地崩塌之評估**

**Intergrating the Earthquake-induced
Landslide Probability Model and the
BigGIS System to Develop the Post-
earthquake Landslide Estimation**

執行單位：逢甲大學

執行期間：111 年 01 月 18 日至 111 年 12 月 31 日

計畫主持人：逢甲大學營建及防災研究中心謝孟勳研究副教授

共同主持人：逢甲大學土木工程學系林正紋教授

逢甲大學土木工程學系李秉乾教授

協同主持人：逢甲大學營建及防災研究中心林秉賢研究助理教授

國立中央大學地球科學系馬國鳳教授

研究助理：廖慧姝、李祐瑄

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 111 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

結合崩塌機率模式與 BigGIS 系統發展震後坡地崩塌之評估

摘 要

本研究主要係整合地震引致崩塌機率模式與巨量空間資訊系統 (BigGIS)，建立系統化和資訊化的震後坡地崩塌評估管理模組，並發展成為能夠在地震前進行全臺地震引致崩塌之模擬評估，地震早期能夠即時有效地掌握高震度區域可能嚴重崩塌的方法。主要的工作目標是對高震度區（震級 6 以上）之崩塌評估模式進行研究，並對於應用 PGA、PGV 雙指標的輔助方式建立坡地易損管理模式。其次，針對崩塌評估採用之全台震源分區資料庫提出防護斷層模式以優化和提升系統效能。最後，結合震後崩塌機率模式與 BigGIS 系統，完善震後坡地崩塌之評估流程。本研究成果可應用於地震早期之集水區緊急評估，並達到建立系統化震後坡地崩塌評估方法、模式和系統的目的，以做為未來坡地災害減災管理以及土砂災害應變對策擬定的參據。

關鍵字：地震引致崩塌、崩塌機率模式、地震早期評估、坡地管理模式、
BigGIS

Intergrating the Earthquake-induced Landslide Probability Model and the BigGIS System to Develop the Post-earthquake Landslide Estimation

Abstract

The objective of this study is to integrate the earthquake-induced landslide probability model and BigGIS to establish a systematic and informative module of post-earthquake landslides assessment and management, and to develop a method that can simulate and evaluate the earthquake-induced landslide in Taiwan before the earthquake, and to effectively recognize the potential serious landslide of the high seismicity areas in the early stage of the earthquake. The main objective of the work is to study the landslide assessment model for high seismicity areas (magnitude 6 or higher) and to establish a landslide management model by applying dual indicators - PGA and PGV. Secondly, we propose a defence fault model to optimize and enhance the system performance for the Taiwan seismic source zoning database used for landslide assessment. Finally, the post-earthquake landslide probability model and BigGIS system are combined to improve the process of post-earthquake landslide assessment. The research results can be applied to the emergency assessment of watershed in the early stage of earthquakes and achieve the purpose of establishing systematic post-earthquake landslide assessment methods, models and systems for future slope disaster mitigation management and formulation of contingency strategy for soil and sand disasters.

Keywords: earthquake-induced landslide, landslide probability model, earthquake early warning estimation, landslide management model, BigGIS

目次

中英文摘要	I
目次	III
表次	V
圖次	VII
 第一章 前言	1
第一節 計畫緣起與目的	1
第二節 工作項目與內容	4
第三節 計畫執行流程與預期成果	6
第二章 國內外相關文獻回顧	7
第一節 災害風險分析	7
第二節 地震易損性分析	9
第三章 高震度區之坡地易損性曲線	15
第一節 地震易損性模式之發展	15
第二節 高震度區坡地易損性曲線建立及適用範圍	22
第三節 921 地震資料庫建立	26
第四節 環境因子資料庫	38
第五節 崩塌評估坡面之分類	44
第六節 雙指標坡地易損性曲線	50
第四章 全台防護斷層選定及震源分區細化精進	55
第一節 震源分區資料庫細化	55
第二節 全台活動斷層分布	56
第三節 各河川流域防護斷層選擇及震源分區	60
第五章 坡地崩塌評估基礎資料庫擴充	69

第一節	全台坡面單元資料庫	70
第二節	坡面單元資料庫編碼	77
第三節	坡地崩塌評估基礎資料庫	78
第六章	雙指標坡地易損管理模式研析	133
第一節	地震引致之坡地崩塌評估	133
第二節	雙指標坡地崩塌評估探討	136
第三節	不同地震規模下 PGA 與 PGV 因子之比較	141
第四節	雙指標坡地易損管理模式建立	143
第七章	BigGIS 系統之地震崩塌評估與實作	145
第一節	基於地震速報之防護斷層模式	148
第二節	BigGIS 系統之地震早期評估模組	151
第三節	第 111111 號地震誘發崩塌易損評估實作	158
第八章	結論與建議	167
參考文獻		169
附錄一	各河川流域防護斷層評分表	175
附錄二	車籠埔斷層坡面崩塌評估 ($M_w=7.7$)	187
附錄三	潮州斷層坡面崩塌評估 ($M_w=7.7$)	201
附錄四	池上斷層坡面崩塌評估 ($M_w=7.7$)	215
附錄五	計畫書審查意見回復	229
附錄六	期初審查意見回復	231
附錄七	期中審查意見回復	233
附錄八	期末審查意見回復	237

表 次

表 1-1	研究工作執行進度表.....	6
表 2-1	易損性曲線常見之機率分布函數	12
表 2-2	易損性曲線其它常見之分布函數	13
表 3-1	中央氣象局地震震度分級對照表 (2020 年新制).....	23
表 3-2	研究地區裸露地統計.....	27
表 3-3	研究地區新增崩塌地統計	29
表 3-4	斷層種類參數.....	32
表 3-5	環境資料庫之類型和檔案格式	38
表 3-6	李錫堤教授提出之台灣地區地質分類	39
表 3-7	地質分類統計 (以研究區域為例).....	44
表 3-8	坡向分類統計 (以研究區域為例).....	46
表 3-9	坡度分類統計(以研究區域為例).....	47
表 3-10	以 PGA 為致災因子之 12 類坡地易損性參數表	50
表 3-11	以 PGV 為致災因子之 12 類坡地易損性參數表	52
表 4-1	台灣地震模型(TEM 2021)與 CGS 之斷層帶對照表	62
表 4-2	防護斷層危害因子評分體系	63
表 4-3	各河川流域之初選斷層	64
表 5-1	中央地質調查所產製之全台坡面單元資料庫	70
表 5-2	全國各河川流域坡面單元劃定基礎資料	71
表 5-3	坡面單元編碼.....	77
表 5-4	全國各河川流域坡面單元地質分類之數量統計	79
表 5-5	全國各河川流域坡面單元坡向因子之數量統計	85
表 5-6	全國各河川流域坡面單元山腳斷層方位角之數量統計	90
表 5-7	全國各河川流域坡面單元山腳斷層夾角之數量統計	95

表 5-8	全國各河川流域坡面單元順向坡之數量統計	101
表 5-9	全國各河川流域坡面單元對山腳斷層坡向敏感因子之數量統計	106
表 5-10	全國各河川流域坡面單元坡度分類之數量統計	112
表 5-11	全國各河川流域坡面單元有效數量統計	118
表 5-12	防護斷層模式各河川流域坡面單元類型之數量統計-G1 類	121
表 5-13	山腳斷層各河川流域坡面單元類型之數量統計-G2 類	126
表 7-1	坡地評估基礎資料庫架構	153

圖 次

圖 1-1	研究流程圖.....	5
圖 2-1	不同損害分級之易損性曲線關係	9
圖 3-1	坡地易損性模式建立流程	25
圖 3-2	研究區域.....	26
圖 3-3	九二一地震前後期裸露地分布	27
圖 3-4	崩塌地變遷及分類示意	28
圖 3-5	坡面資料套疊網格示意圖	29
圖 3-6	921 地震新增崩塌地.....	29
圖 3-7	自由場強地動測觀測網 (TSMIP) 測站分布	31
圖 3-8	區域趨勢值與空間中隨機變動值之關係	35
圖 3-9	尖峰地表加速度 PGA 分布	37
圖 3-10	尖峰地表速度 PGV 分布	37
圖 3-11	李錫堤教授分類之地質圖	40
圖 3-12	坡向圖(以研究區域為例).....	41
圖 3-13	坡度圖(以研究區域為例).....	42
圖 3-14	順向坡分布圖 (以研究區域為例).....	43
圖 3-15	坡面單元地質分類 (以研究區域為例).....	44
圖 3-16	坡面方位角和震波方位角的關係	45
圖 3-17	坡向敏感因子定義.....	46
圖 3-18	坡面單元坡向分類 (以研究區域為例).....	46
圖 3-19	坡面單元坡度分類 (以研究區域為例).....	47
圖 3-20	G1A1S1 易損性曲線(PGA).....	51
圖 3-21	G1A1S2 易損性曲線(PGA).....	51
圖 3-22	G1A1S3 易損性曲線(PGA).....	51

圖 3-23	G1A2S1 易損性曲線(PGA).....	51
圖 3-24	G1A2S2 易損性曲線(PGA).....	51
圖 3-25	G1A2S3 易損性曲線(PGA).....	51
圖 3-26	G2A1S1 易損性曲線(PGA).....	51
圖 3-27	G2A1S2 易損性曲線(PGA).....	51
圖 3-28	G2A1S3 易損性曲線(PGA).....	52
圖 3-29	G2A2S1 易損性曲線(PGA).....	52
圖 3-30	G2A2S2 易損性曲線(PGA).....	52
圖 3-31	G2A2S3 易損性曲線(PGA).....	52
圖 3-32	G1A1S1 易損性曲線 (PGV).....	53
圖 3-33	G1A1S2 易損性曲線 (PGV).....	53
圖 3-34	G1A1S3 易損性曲線 (PGV).....	53
圖 3-35	G1A2S1 易損性曲線 (PGV).....	53
圖 3-36	G1A2S2 易損性曲線 (PGV).....	54
圖 3-37	G1A2S3 易損性曲線 (PGV).....	54
圖 3-38	G2A1S1 易損性曲線 (PGV).....	54
圖 3-39	G2A1S2 易損性曲線 (PGV).....	54
圖 3-40	G2A1S3 易損性曲線 (PGV).....	54
圖 3-41	G2A2S1 易損性曲線 (PGV).....	54
圖 3-42	G2A2S2 易損性曲線 (PGV).....	54
圖 3-43	G2A2S3 易損性曲線 (PGV).....	54
圖 4-1	區域震源模式之震源分區	57
圖 4-2	台灣活動斷層分布 (2021 年版).....	58
圖 4-3	未來 50 年台灣孕震構造發震機率 (TEM 2021)	59
圖 4-4	防護斷層模式之震源分區	68

圖 5-1	地調所繪製之全臺各集水區坡面單元分布圖	76
圖 5-2	全臺順向坡分布圖	100
圖 5-3	淡水河流域之山腳斷層坡面單元分類	131
圖 5-4	烏溪流域之山腳斷層坡面單元分類	131
圖 5-5	濁水溪流域之山腳斷層坡面單元分類	131
圖 5-6	高屏溪流域之山腳斷層坡面單元分類	131
圖 6-1	車籠埔斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGA)	137
圖 6-2	車籠埔斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGA)	137
圖 6-3	車籠埔斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGV)	137
圖 6-4	車籠埔斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGV)	137
圖 6-5	潮州斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGA)	138
圖 6-6	潮州斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGA)	138
圖 6-7	潮州斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGV)	138
圖 6-8	潮州斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGV)	138
圖 6-9	池上斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGA)	139
圖 6-10	池上斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGA)	139
圖 6-11	池上斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGV)	139
圖 6-12	池上斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGV)	139
圖 6-13	不同規模最小崩塌量(PGA).....	140
圖 6-14	不同規模最大崩塌量(PGA).....	140
圖 6-15	不同規模最小崩塌量(PGV).....	140
圖 6-16	不同規模最大崩塌量(PGV).....	140
圖 6-17	山腳斷層 PGA 與 PGV 最小崩塌量比較	141
圖 6-18	山腳斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較	141
圖 6-19	車籠埔斷層 PGA 與 PGV 最小崩塌量比較	142

圖 6-20	車籠埔斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較	142
圖 6-21	潮州斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較	142
圖 6-22	潮州斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較	142
圖 6-23	池上斷層 PGA 與 PGV 最小崩塌量比較	142
圖 6-24	池上斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較	142
圖 6-25	觸口斷層 PGA 與 PGV 最小崩塌量比較	142
圖 6-26	觸口斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較	142
圖 7-1	地震評估模式.....	145
圖 7-2	基於區域震源之坡地崩塌評估模式	147
圖 7-3	基於防護斷層之坡地崩塌評估模式	148
圖 7-4	水保局巨量空間資訊系統 (BigGIS)	151
圖 7-5	地震早期詳細評估接收測站震度資料及分析流程	152
圖 7-6	震後坡地崩塌評估模式流程	154

第一章 前言

第一節 計畫緣起與目的

台灣位處於環太平洋地震帶上，經常性的地殼變動造成土質鬆軟且不穩定，本島和鄰近海域平均每 2.5 年就發生一次規模達到 7 以上的地震，具有很高的地震危害度。強烈地震時除了常見的建物損害，坡地的崩塌也是地震可能的危害，對於位處菲律賓板塊和太平洋板塊交接處且坡地佔 74% 的台灣，全國坡地的減災管理就必須重視地震引致坡地災害的風險，例如坡地崩塌造成的生命財產損失、山區道路因崩塌造成的阻斷等。此外，震後坡地產生的鬆軟土石、崩塌堆積在河道的土方若在尚未復育期間遭受颱風、豪雨等的侵襲，也極易引起二次崩塌、地滑、土石流等土砂災害的發生。例如 1999 年發生的 921 大地震，引發車籠埔斷層與雙冬斷層發生劇烈錯動，造成極為嚴重的建物倒塌、崩塌災害以及往後數年間的土石流災害。近期則有 2018 年 9 月 6 日發生的日本北海道胆振東部地震中，規模 6.7 的地震引發大規模崩塌災害亦是這類災害的重要案例。

由於現今科技對於地震仍難以準確預測，誘發坡地崩塌的物理機制又極為複雜，導致地震直接誘發及引起的廣域坡地災害難以預測、預警及評估。過去相關研究中常見以理論法發展局部崩塌為主的工程模式，這類方法蒐集崩塌案例及地震觀測紀錄再輔以地質調查進行分析。然而這類方法囿於崩塌災害樣態及因素極複雜，要進行強烈地震時的廣域崩塌評估仍有侷限。此外，地震誘發之坡地災害潛勢，目前並無法如颱風或豪雨般利用即時監測系統進行災前預警(pre-disaster prevention)，造成突發的地震事件中對於坡地崩塌狀況無法掌握，後續的緊急應變方案及災害管理策略將難以順利進行。反之，若能在地震前能夠可靠地掌握可能的地震崩塌風險，或是在地震早期能夠快速地掌握可能引致的災害或嚴重地震崩塌發生的區域，對於地震引起的坡地災害將可有效地擬定相應的集水區土砂減災策略進而降低地震崩

塌可能造成的損失。而針對這個問題，除了發展可靠的坡地崩塌評估模式之外，應用先進的電腦科學技術及地理資訊系統建立高效率的自動化評估系統，將更有利於達到地震早期掌握可能崩塌之目標。

本研究團隊在先期的研究中已建立地震引致崩塌之坡地易損性曲線 (Landslide Fragility Curves, LFA) 分析模式，並結合台灣地震模型 (Taiwan Earthquake Model, TEM) 團隊之機率式地震危害度分析 (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) 研究成果，建立全台之震後坡地崩塌評估架構，對於地震引致的坡地崩塌評估模式建構良好的基礎。回顧過去重要研究成果，已分別完成尖峰地表加速度 (PGA)、尖峰地表速度 (PGV) 為致災因子之坡地易損性曲線、全臺之坡面單元資料庫更新建置及編碼、北中南東震源分區劃分以及 12 條斷層之情境模擬影響評估。對於未來建構系統化崩塌評估及管理的工作，將基於前述解決三個實際應用問題。

首要問題即是致災因子 PGA 和 PGV 的物理尺度不同，而根據前期研究結果發現 PGA 和 PGV 之坡地易損特性亦不相同，雖然目前還未有更多實際的 PGV 地震紀錄可供參考（自新制實施以來目前僅 2022 年二場地震事件達到震級 6 弱級以上），但在目前中央氣象局地震分級 (2020) 中對於高震度（震級 5 弱以上）以 PGV 定義的前提下，未來震後坡地崩塌評估模式勢必要結合此二個震度指標來進行地震崩塌管理，方能有效地應用於震後初期的防災決策。

第二個問題是，根據前期計畫中 12 場地震事件情境模擬之觀察，震源分區資料庫可有效地實現地震事件的快速評估，應用在未來實際地震中，對於地震初期無法確切知道誘發斷層帶的事件，可基於同樣的原理利用震源分區資料庫進行地震早期評估，而目前僅以北中南東大範圍之震源分區劃分仍有不足，同時斷層之地震風險特性、可能規模、地表震度之大小對於地震崩塌影響程度和準確性具有決定性作用，上述皆為影響震後坡地崩塌評

估之因素，亦是系統化崩塌評估及坡地管理的重要問題。

第三個問題是，要實現震後崩塌早期評估的系統化及坡地管理有賴於良好的資訊管理系統輔助，崩塌評估圖像化之成果可於水保局巨量空間資訊系統 (BigGIS) 系統中展示，然而未來實際地震應用時，對於即時地震崩塌評估包括了地表震度推估、資料庫演算、崩塌影響評估及圖資展示等內容，因此如何結合本研究崩塌機率模式與 BigGIS 系統發展震後坡地崩塌之評估管理，將是本研究所要解決的關鍵課題。

本計畫的研究目的，主要係整合崩塌機率模式與 BigGIS 系統，建立系統化、資訊化的震後坡地崩塌評估管理模式，並發展成為能在地震前進行全臺地震引致崩塌之模擬評估，地震早期能夠即時有效地掌握高震度區域可能嚴重崩塌的方法，進而輔助減災策略擬定並降低災害造成的損失。主要的計畫目標有二：

- 1.針對高震度區之崩塌評估管理模式進行研究，對於 PGA、PGV 雙指標在坡地易損管理模式的輔助應用方式，建立雙指標坡地易損管理模式。

- 2.針對全台震源分區資料庫優化精進，結合震後崩塌評估模式與 BigGIS 系統，完善震後坡地崩塌之評估模式。

本計畫預期藉由上述計畫目標，達到可有效應用於地震早期緊急應變用途的震後坡地崩塌評估方法、模式和系統的目的，作為未來坡地災害減災管理以及應變對策擬定的參據。預期成果如下：

- 1.建立震後高震度區之坡地易損管理模式，管理模式包括建立 PGA、PGV 雙指標之輔助管理方式。

- 2.協助水保局於 BigGIS 系統中完成開發高震度區地震崩塌評估模組。

第二節 工作項目與內容

本計畫基於前期研究成果，整合坡地易損性模式、機率式地震危害度分析和地震引致崩塌危害評估等方法，整合崩塌機率模式與 BigGIS 系統發展震後坡地崩塌之評估研究。主要工作項目分述如下：

一、高震度區之雙指標坡地易損管理模式研析 (第三章、第六章)

由於新制地震震度分級係以 5 弱級為界並分別以 PGA 和 PGV 定義，因此形成雙震度指標體系，本項工作首先針對 PGA 與 PGV 指標應用於地震引致坡地崩塌之管理模式進行探討，同時針對各重要斷層之 PGV 指標以情境事件模擬不同規模下的坡地崩塌變化，並結合 PGA 指標共同建構雙震度管理指標，發展雙指標坡地易損風險管理模式。

二、全台防護斷層選定及震源分區細化精進 (第四章)

震後坡地崩塌評估係根據震央位置確定所屬震源分區，再以此震源分區之坡地崩塌評估資料庫進行震後評估，以此提升地震早期評估的效率，本項工作即基於已建置完成之北中南東大範圍之震源分區進一步細化精進。首先針對目前台灣地震模型團隊(TEM)已完成地震危害度分析的 44 條斷層進行研析，包括地震特性、可能規模、地表震度大小等，確定斷層地震引致坡地崩塌之風險，以此選定震源分區細化之防護斷層，再針對坡面單元所在之距斷層距離、集水區類型與斷層位置及風險等因子，綜合研析地震初期未知斷層情況下之震源分區劃分。

三、坡地崩塌評估基礎資料庫擴充 (第五章)

由於各斷層對坡面單元的坡向敏感度不同，因此要建立對應的崩塌評估基礎資料庫，以用於描述坡面單元之易損特徵。本項工作即根據前項工作中防護斷層分析結果，針對斷層進行坡地崩塌評估基礎資料庫建置，建置內容包括地質、坡度、坡向、順向坡、斷層方位等必要之地文條件屬性，並針對各防護斷層進行全台坡面單元分類，擴充坡地崩塌評估基礎資料庫，作為

震後坡地崩塌早期評估之基礎。

四、BigGIS 系統之地震崩塌評估與實作 (第七章)

震後坡地崩塌早期評估係基於系統性的評估方法、模式和架構，利用中央氣象局的地震速報資料，在震後早期能夠快速地得到崩塌評估結果，以實際地震後之評估結果作為相關單位震後初期決策參考。本項工作基於目前能夠應用巨量空間圖資之特性並具備地震測站資料接收功能的 BigGIS 系統，結合本研究之崩塌機率模式與前述雙指標坡地易損管理模式，進行震後坡地崩塌之評估與實作，包括地震測站資料接收後之 PGA、PGV 震度空間推估、資料庫演算、崩塌機率計算、崩塌量估計及展示等。

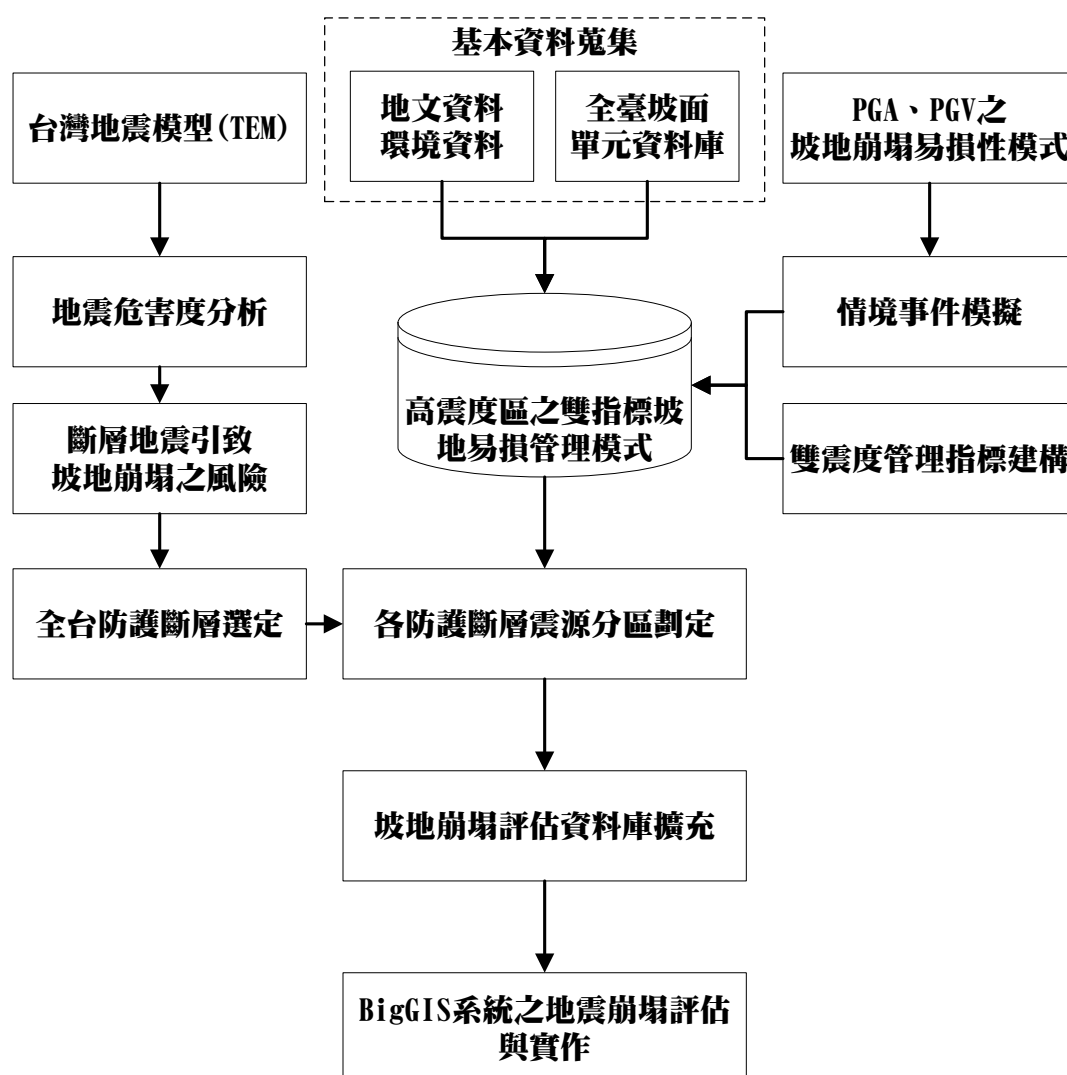


圖 1-1 研究流程圖

第三節 計畫執行流程與預期成果

依研究工作項目及內容，本研究整體工作執行架構包括高震度區之雙指標坡地易損管理模式研析、全台防護斷層選定及震源分區細化精進、坡地崩塌評估基礎資料庫擴充、BigGIS 系統之地震崩塌評估與實作，整體流程如圖 1-1 所示，研究工作執行進度如表 1-1 所示。

表 1-1 研究工作執行進度表

工作項目	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
國內外相關文獻探討	■	■	■	■	■	■				
高震度區之雙指標坡地易損管理模式研析	■	■	■	■	■	■	■	■		
全台防護斷層選定及震源分區細化精進		■	■	■	■	■				
坡地崩塌評估基礎資料庫擴充			■	■	■	■	■			
BigGIS 系統之地震崩塌評估與實作					■	■	■	■	■	■
期中/期末報告					■					■

■ 已完成進度；□ 未完成進度

第二章 國內外相關文獻回顧

第一節 災害風險分析

風險管理最早應用於 19 世紀末經濟課題探討，近代已廣泛應用於不同領域中。風險評鑑係風險管理中最為重要的一環，決定了面對可能風險時之指導、管制、計畫與政策。風險評鑑包含風險鑑別、風險分析和風險評估三個過程。根據中華民國國家標準（2012）「風險管理一詞彙」（CNS 14889, Z 4066）所述，本研究以災害管理的觀點將此三個過程分別說明如下：

一、風險鑑別

係發現、認知及描述災害風險之過程，包括風險緣由、事件、大小、其原因及潛在結果（後果）之鑑別，可經由歷史數據、理論分析、已知現象與專家判斷描述災害風險之需求。災害風險鑑別之目的即為瞭解致災環境可能的危害因子，並鑑別災害風險可能造成的衝擊及影響。

二、風險分析

係理解災害風險的本質並決定風險等級之過程，包括頻率分析、脆弱度分析、暴露分析及後果分析。頻率分析即災害事件發生之可能性或週期。脆弱度分析即風險緣由的致災性，表示導致危害後果的本質。暴露分析為針對曝險對象估計或評價其涉入災害風險之程度，描述災害風險實質的危害程度，所以視評價之對象又常稱為暴露度或暴露量。後果分析則為估計災害風險可能造成的損失大小，作為風險對策的成本及效益的基準，例如損失金額或其它損失量。前二者為風險分析中最為關鍵的工作。

三、風險評估

係將風險分析之結果與風險準則相比較，以決定災害風險及／或其後果是否可接受或可容忍的過程。風險準則係依評估災害風險之顯著性所定義。風險準則可定義自標準作業程序、防救災計畫、防救災對策或其它需求。

在上述三個過程中，風險鑑別即是所謂的災害潛勢分析，可藉由災害特性、過去發生事件、理論分析來描述；通常也和風險分析過程中的災害頻率分析共同討論，而形成所謂的危害度分析，例如地震災害的 PGA 推估、水災的淹水深度模擬等。共通特性就是風險鑑別必須基於某個災害規模的想定，作為後續風險管理的基準，一般稱之為災害規模設定或災害防護規模 (defense magnitude)。第二個過程－風險分析，涵蓋的數理層次極廣，可應用的元素包括機率 (probability)、頻率 (frequency)、脆弱度 (vulnerability)、易損性 (fragility)、風險矩陣 (risk matrix)、風險等級 (level of risk) 等。因此不同類型的災害延生出許多不同的分析方法。一般而言，風險分析皆以危險事件發生的機率與其後果的組合來描述，並根據問題的清楚描述 (即災害頻率分析、脆弱度分析、暴露分析及後果分析) 建立複雜問題的分析模式。United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO) (1979) 曾針對風險問題中的災害風險分析提出一個定量的風險計算模式，表示如下：

$$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Vulnerability} \times \text{Exposure} \quad (2-1)$$

上式中的 R 代表風險； H 為危害度，包含災害潛勢的頻率或規模，係風險鑑別和頻率分析的結果； V 為脆弱度或易損性，表示在災害潛勢的頻率或規模下風險問題發生的性質、程度或機率； E 為暴露度或暴露量，表示曝險對象 (保全對象) 涉入風險問題之程度 (損失)。式(2-1) 表現災害風險分析的定義和組合特性，因此廣為研究者所採用，亦適於作為災害風險管理課題的基礎。因此亦被許多學者稱為風險三要素 (risk triangle, Crichton, 1999)。

對於第三個過程－風險評估，則係依據風險分析之結果與定義自標準作業程序、防救災計畫、防救災對策或其它防救災需求之準則比較。藉以界定災害風險後果是否超過可接受或可容忍的範圍，其中包括防救災物資、機具、人力、資源等需求評估，並據以改進及改善防救災對策。在風險評估過程使用的元素，則包括風險之對策、度量、裕度、迴避、彙整及接受。

第二節 地震易損性分析

工程上易損性曲線 (fragility curve) 的概念最早被地震工程專家應用於描述地震中橋梁或建築物之損害可能性評估 (Shinozuka *et al.*, 2000a; Rossetto and Elnashai, 2003; Rota *et al.*, 2008; 李秉乾等, 2005a, 2005b)。在探討地震導致結構物破壞之問題上, 可利用結構力學分析的方式來進行目標結構的耐震分析, 不論利用靜力分析或動力分析, 皆可輕易得到所設計結構的耐震評估結果, 但事實上土木工程未必能夠完全依照結構設計的期望來建造理想的建築物, 肇因於工程上具有相當多的不確定性因子, 諸如施工技術、品質管理、材料品質變異、地質條件、設計規範等等。因此就巨觀而言, 對於建築物遭致地震侵襲時的破壞, 就可被描述成一個高度複雜因子的統計問題。而針對這樣的問題, 統計學家及地震工程學家提出以建築物易損性曲線描述建築物受震時可能的破壞機率。近年來, 由於越來越重視地震災害的威脅, 建築物易損性曲線已成為地震災損評估及風險分析必要的工具之一 (Whitman, *et al.* 1997; Yamazaki, 2001; Shibata, 2006)。而所謂建築物易損性曲線, 即是描述在不同的強地表因子下 (如尖峰地表加速度、尖峰地表速度、地表最大位移等) 建築物產生不同損害狀況的機率值; 如圖 2-1 所示, 不同損害程度可藉由累積機率分布曲線各別描述, 可應用於評估建築物在地震後的可能損壞情形 (功能性與經濟性) 及修復所需的成本 (金錢與時間), 並廣泛地應用於地震早期災損評估及減災規劃上, 提供評估經濟損失、災後緊急動員參考、耐震需求分析與工程參數研究之用。

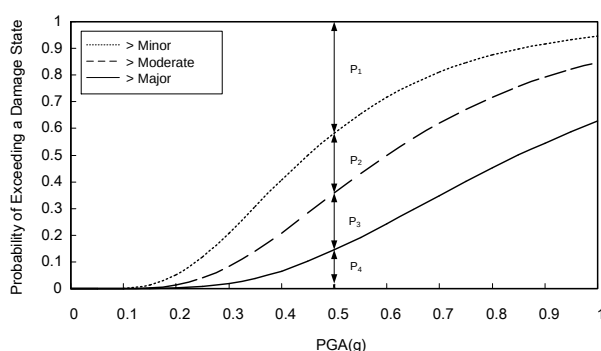


圖 2-1 不同損害分級之易損性曲線關係

一、易損性曲線的求取方法

對於外力引致損害的問題常使用損害機率矩陣 (damage probability matrices; DPMs) 或是易損性曲線來表示致災因子與災害的關係。損害機率矩陣係將損害程度與致災因子以矩陣型式描述其關係，藉由矩陣關係可以進一步求取特定因子與損害程度的機率關係 (例如 Basöz *et al.*, 1999; Sarabandi *et al.*, 2004; Muñoz *et al.*, 2007)。由於自然災害現象之致災原因有時不只一個，例如降雨引致坡地崩塌之原因可能來自於短時最大降雨、長時累積降雨、地下水…等，又或地震引致的崩塌可能原因來自地質、地層弱面、坡度、震波強度、頻率等，因此易損性曲線描述受災本體在災害侵襲時的易致災特性，並表達特定致災因子對於受災本體達到或超過某種損害狀態的超越機率。在地震引致建築物損害課題的相關研究，易損性曲線的分析方法非常多元，藉由可取得的致災資料 (vulnerability data) 可細分五類方法求取 (謝孟勳, 2013)，包括專家判斷法、靜力分析法、動力分析法、經驗分析法及混合法等。易損性曲線發展迄今專家判斷法仍是不可或缺的重要基準，也就是基本上仍須依據專業定義是否損害或其損失程度，其它方法亦是建立於專家判斷法的基礎上而發展。而對於不確定因素高的天然災害，廣泛認為經驗分析法最為詳實可靠。即藉由過去發生的災害事件取得致災資料，經由假定機率分布配合統計推論方法來決定模式之機率分布。以下分述之：

(一) 專家判斷法

基於專業主觀的經驗及判斷，建立對於損害紀錄的損害等級、致災因子和機率分布的專業共識發展易損性曲線。早期對於易損性評價模式尚未完全瞭解前，對於災害紀錄須借助工程專家專業地評價受災本體的損害情形，進而了解受災本體對於災害的損害特性。專家判斷法係基於專家團隊主觀的經驗及判斷，並建立對於調查紀錄的損害分級、致災因子大小和機率分布的專家共識來發展易損性曲線。

(二) 理論分析法

不同自然災害事件可發展不同之理論分析方法。例如建築物可發展靜力或動力分析理論。經由建立結構分析模型及定義損害分級，再以設計規範之靜力分析及選定的設計地震力發展易損性曲線。或是在基於地震結構反應譜之動態數值模擬及選定的模擬地震發展易損性曲線。

(三) 經驗分析法

基於過去某個災害性事件或是數個事件後的真實損害事件資料，利用統計推論法發展易損性曲線。利用災害性事件後由專家及學者進行損害調查資料，將所調查之資料予以分類再利用統計方法或其它資料訓練方法建立易損性曲線。經驗分析法的發展在於自然災害的可能因素複雜具不確定性，理論分析法不全然能驗證真實的損害機率。其優點在於實際的損害紀錄可真實地表現許多不確定因素對於損害的影響。經驗分析法建立易損性曲線受限於資料不易取得。因此，經驗分析法的缺點在於必須取得足夠的樣本資料才足以掌握受災本體的損害特性，有時還需要進行適當的分類或分級。經驗分析法可利用某個災害地震或是數個地震後的真實損害資料庫進行分析。可將其歸納為三類損害資料庫：

1. 第 1 類：基於單一地區單一事件之損害紀錄。
2. 第 2 類：基於不同地區多個事件之損害紀錄。
3. 第 3 類：基於單一地區多個事件之損害紀錄。

(四)混合法

混合法的原理係結合經驗法和理論法的優點，將經驗資料混合其它方法（例如專家判斷法或理論分析法）的修正結果來提升易損性曲線的可靠度，試圖彌補經驗調查資料的不足、專家判斷法的主觀性和理論分析法的模型缺陷（例如 Penelis *et al.*, 2003; Kappos *et al.*, 2006; Kappos and Panagopoulos, 2010）。

二、經驗易損性曲線之分析模式

易損性曲線表達特定致災因子對於受災本體達到或超過某種損害狀態的超越機率。為了合理表現這個關係必須假定事件機率分布函數以可靠地描述災害發生之特性。這個合理可靠的機率分布函數有兩種求取方式，第一種方式為假定事件發生的機率密度函數 (f : probability density function; PDF)，再利用統計學的分析方法進行參數推估進而繪製累積分布函數 (F : cumulative distribution function; CDF) 以表達易損性曲線，例如最小平方估計 (least squares estimation; LSE) 或最大概似估計 (maximum likelihood estimation; MLE)。既有的易損性曲線相關研究在機率密度函數上常見採用常態分布 (normal distribution)、對數常態分布 (lognormal distribution) 或 Beta 分布 (Beta distribution) 等來描述致災因子與災害發生之關係。以地震為例，大部份學者普遍認為對數常態分布較能夠符合自然災害引致之外力與受災本體損害之關係。相關論證如 Onose (1982) 以鋼筋混凝土建築物遭受地震後之實際損害率探討損害分布的關係，發現致災力與損害發生之關係皆接近對數常態分布。本研究將過去文獻使用之機率密度函數列表整理於表 2-1，其中 x 為隨機變數，式(2-2) 和式(2-3) 中之 c 為中位數， ζ 為標準差，式(2-4) 中之 α 、 β 為 Beta 分布之母數，二者皆係大於 0 之參數。

表 2-1 易損性曲線常見之機率分布函數

機率分布	機率密度函數
常態分布	$f(x) = \frac{1}{\zeta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-c)^2}{2\zeta^2}} \quad (2-2)$
對數常態分布	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\zeta x} e^{-\frac{(\log x - c)^2}{2\zeta^2}} \quad (2-3)$
Beta 分布	$f(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \quad (2-4)$

資料來源：本研究整理

第二種方式為假定一個因變量在 0 至 1 間簡單連續且嚴格遞增的函數來表達易損性曲線。此類方法決定分布函數的型式後利用線性或非線性之曲線擬合 (curve fitting) 求取易損性曲線，因此不受機率密度函數的限制。就定義而言，表 2-1 所述之機率分布亦可以此類方法求取其累積分布函數。過去文獻曾使用之其它分布函數整理於表 2-2，其中 x 為隨機變數，式中之 a 、 b 為待擬合之係數，而常見曲線擬合的方法可應用最小平方迴歸估計其待定係數。

表 2-2 易損性曲線其它常見之分布函數

概述	分布函數型式
指數式	$F(x) = ae^{bx}$ (2-5)
對數式	$F(x) = e^{a \log x + b}$ (2-6)
擬羅吉斯	$F(x) = \frac{100}{1 + (x/a)^{-b}}$ (2-7)

資料來源：本研究整理

在經驗分析法中損害調查紀錄的可用性是影響易損性曲線可靠度的重要關鍵。損害調查紀錄需要獲取可用的致災資料並確保適用於災害評估。因此，為了發展可靠的經驗易損性曲線，應儘可能要求損害調查紀錄的完整性，其中包括必須具備「損害分級」、「損害與否」及「致災因子」三個明確的資訊。「損害分級」通常係經由專家決定損害判定標準，這個判定標準可根據事件前的防災需求或應變計畫來訂定。「損害與否」即藉由事件後完整詳細的調查得到。藉由完整的事件後調查紀錄所建構之致災資料及假定之機率分布函數，即可經由參數推估方法建立易損性曲線。目前對於經驗分析法已發展出許多有用的致災資料產生方法。本研究將這些方法分為二大類，分別為「地域單元法」和「完全調查樣本法」，以下即針對致災資料產生的方法分別介紹其概念和原理。

(一) 地域單元法

在大部分的文獻中，基於某區域（例如行政區、集水區等）為單元之損害紀錄可以利用集群分析 (cluster analysis) 產生數個資料集 (dataset) 來作為致災資料，並估算每筆致災資料的損害率和致災因子。這些致災資料通常是數個基於地域型損害紀錄所形成的資料集。有了這類百分比型態的致災資料，即可利用機率分布函數的最小平方曲線擬合得到最佳的易損性曲線參數。最小平方估計法最不易控制的變異在於致災資料空間尺度的大小不易掌握，不同空間尺度資料可能求得不同的易損性分析結果，因此實務上需進行易損性曲線的可靠度分析及驗證。

(二) 完全調查樣本法

完全調查樣本法係基於最大概似估計法 (maximum likelihood estimation; MLE) 為核心所發展。最大概似估計法之原理是使觀測的樣本發生機率為最大以評估機率分布函數的估計參數。所謂樣本發生機率即概似函數 (L : likelihood function)，係可觀察的隨機變量之聯合機率密度函數 (joint probability density function; JPDF)。利用最大概似估計法求取易損性曲線的相關研究雖不多，但已成功地應用於建立橋梁易損性曲線。例如 Shinozuka (1998) 和 Shinozuka *et al.* (2000b, 2003) 利用 1994 年北嶺地震後 Caltrans 及阪神地震後 Hanshin Expressway Public Corporation's 的高速公路橋梁損害調查記錄，將橋梁分為無損、輕度、中度、重度及全倒等五種損害程度，再以最大概似估計法對假定之機率分布函數進行參數推計，分別建立兩個地區的橋梁易損性曲線。在 Shinozuka *et al.* (2003) 的研究中採用具有雙估計參數之對數常態分布表示第 j 類損害程度之易損性曲線 F_j ，分別為中位數 (c_j : median) 和對數標準差 (ζ_j : log-standard deviation)；而概似函數被假定以伯努利試驗 (Bernoulli experiment) 描述，即 1 代表發生而 0 代表不發生的二元型式，並用來求取各類橋梁之各類損害分級的易損性曲線。

第三章 高震度區之坡地易損性曲線

第一節 地震易損性模式之發展

事件發生可能性（例如本研究探討之崩塌）與地震因子之關係，可藉由易損性分析原理建立特定地震因子下某類坡地對於致災因子可能引致崩塌發生之機率，這個關係建立在有良好致災資料所建置之災損資料庫。對於廣域崩塌評估即可依據不同之地文分類及驅動力指標建立不同類別之坡地易損性曲線。例如地震引致之坡地崩塌，可用來進行坡地分類之地文因子包括地質、坡度、坡向、斷層距...等。

本研究主要以完全調查樣本法來發展坡地易損性模式，完全調查樣本法係基於最大概似估計法為核心所發展，其原理是使觀測的樣本發生機率為最大以評估機率分布函數的估計參數。最大概似估計法是將每個調查樣本可能存在的損害分級是「發生」或「沒有發生」的紀錄納入易損性分析中，因此不會有樣本空間尺度變異的問題。某損害程度之伯努利試驗概似函數可表示如式(3-1) 所示：

$$L_j(c_j, \zeta_j) = \prod_{i=1}^N [F_j]^{n_i} [1 - F_j]^{1-n_i} \quad (3-1)$$

上式中， N 為調查之受災本體總數； c_j 和 ζ_j 分別為第 j 類損害程度之中位數及標準差； n_i 為伯努利隨機變數指標 (Bernoulli random variable)，表示在致災因子下，若第 n 個受災本體達到第 j 類損害程度， $n_i = 1$ ；否則， $n_i = 0$ 。對於對數常態分布之之中位數及標準差，可經由求取式(3-1) 概似函數之最大值而得，即最大概似估計。

易損性分析係對於發生之災害達到或超越某個程度的超越機率。為了合理表現這個關係必須假定事件機率分布函數以可靠地描述災害發生之特性。這個合理可靠的機率分布函數有兩種求取方式，第一種方式為假定事件

發生的機率密度函數，再利用統計學的分析方法進行參數估計進而繪製累積分布函數以表達易損性，例如最小平方估計或最大概似估計。由於易損性模式係表達崩塌發生之隨機變量 x 之分布函數 $F(x)$ 模型，基於假定（或觀察）的自然災害發生分布模式，通常採用對數常態分布表達發生之頻率分布。隨機變量即為致災因子對於事件的機率分配數學方程式，而機率分配數學方程式由中位數及標準差決定 (Shinozuka *et al.*, 1998, 2000a, 2000b；李秉乾等人，2005a，2005b；謝孟勳，2013)，稱為雙估計參數。如式(3-2) 所示：

$$f_j(x; c_j, \zeta_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\zeta_j x} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x/c_j)}{\zeta_j} \right]^2} \quad (3-2)$$

其中， f_j 為對數常態分布之機率密度函數； c_j 為中位數； ζ_j 為標準差； x 為隨機變量。雙估計參數之機率分配數學方程式即為隨致災因子變化而引致受災本體發生之機率密度函數。其累積分布即為易損性曲線。對數常態累積分布函數解析式表示為：

$$F_j(x; c_j, \zeta_j) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{\ln(x/c_j)}{\zeta_j \sqrt{2}} \right] \quad (3-3)$$

上式中，即為第 j 類損害程度之累積分布函數； erf 為高斯誤差函數，其解析式為：

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad (3-4)$$

當其中雙估計參數決定後，即可利用「標準常態累積分布函數」推求損害機率與累積分布函數，也就是第 j 類損害程度之易損性曲線。中位數和標準差之決定可透過最大概似法進行求解。傳統的最大概似估計法將具隨機特性的每次事件發生（樣本）的概似值皆納入分析之中，進而得到事件發生與否的概似函數。以最大概似估計法評估對數常態累積分布之雙估計參數

可依致災資料之事件分布型態建立其概似函數。然而，因探勘資料型態的不一致性及隨機特性，亦可結合集群分析 (clustering analysis) 得到一致性之致災資料。所謂一致性即包含空間影響及權重大小的一致性，這類一致性的致災資料可透過網格分析結合集群分析來達到並得以進行最大概似估計，此即網格集群最大概似法 (謝孟勳, 2013)，而若無資料集群的需求，則可直接以樣本致災資料求取。此外，依據易損性曲線分析原理，亦可發展多種損害狀態之易損性曲線，以下分別以網格集群最大概似法介紹二項分布型以及多項分布型的原理。

一、二項分布型

當損害資料為巨量的網格資料時，通常可將資料予以適當的分類或分群，所以對於第 k 個集群內假定有 J 個可能損害分類，二項分布型之聯合機率分布表達了每次試驗 (受災本體) 僅有一個可能的損害結果，且每次試驗是獨立且互斥的。對於第 j 個損害分級，在第 k 個集群內 X 次試驗中達到之次數表示為 x_k 。因此機率分布的聯合機率質量函數 (join probability mass function; JPMF) 可用典型二項分布定義如下：

$$f_{kj}(X) \equiv \binom{X}{x_k} [F_j]^{x_k} [1 - F_j]^{X - x_k} \quad (3-5)$$

因此，基於此聯合機率質量函數，對於被分成 K_g 個集群的所有事件資料，第 j 類損害程度之概似函數 L_j^B 可表示為：

$$L_j^B(c_j, \zeta_j) = \prod_{k=1}^{K_g} \binom{X}{x_k} [F_j]^{x_k} [1 - F_j]^{X - x_k} \quad (3-6)$$

上式中， K_g 為致災資料數量； X 為每個致災資料的坡地總面積， x_k 為第 k 個資料點之崩塌面積。式(3-6) 中，二項函式分別代表發生 (左項) 與未發生 (右項) 之崩塌機率。因此，對於崩塌易損性曲線之中位數和標準差，式(3-

6) 可經由求取概似函數之最大值進行估計。藉由取對數後一階偏導函數求解雙估計參數，聯立方程表示如下：

$$\frac{\partial \ln L_j^B(c_j, \zeta_j)}{\partial c_j} = \frac{\partial \ln L_j^B(c_j, \zeta_j)}{\partial \zeta_j} = 0 \quad (3-7)$$

上式之推導須引入標準化參數 λ_{kj} ，即

$$\lambda_{kj} = \ln(x / c_j) / \zeta_j \quad (3-8)$$

即可導出第 j 個損害分級之非線性聯立方程式如下：

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{k=1}^{K_g} R_{kj} \left\{ \frac{-e^{-\frac{1}{2}\lambda_{kj}^2}}{1 + \operatorname{erf}\left(\frac{\lambda_{kj}}{\sqrt{2}}\right)} \right\} + \sum_{k=1}^{K_g} (1 - R_{kj}) \left\{ \frac{e^{-\frac{1}{2}\lambda_{kj}^2}}{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\lambda_{kj}}{\sqrt{2}}\right)} \right\} &= 0 \\ \sum_{k=1}^{K_g} R_{kj} \left\{ \frac{-\lambda_{kj} e^{-\frac{1}{2}\lambda_{kj}^2}}{1 + \operatorname{erf}\left(\frac{\lambda_{kj}}{\sqrt{2}}\right)} \right\} + \sum_{k=1}^{K_g} (1 - R_{kj}) \left\{ \frac{\lambda_{kj} e^{-\frac{1}{2}\lambda_{kj}^2}}{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\lambda_{kj}}{\sqrt{2}}\right)} \right\} &= 0 \end{aligned} \right. \quad (3-9)$$

其中；

$$R_{kj} = x_{kj} / X_k \quad (3-10)$$

上式中， x_{kj} 表示第 k 個群組中第 j 個損害分級之崩塌面積； X_k 表示第 k 個群組之總面積。式(3-10) 即為以第 k 個集群內之崩塌率表示之最大概似估計聯立方程。若每個集群之致災資料可得到，包含集群之震度值和崩塌率，則易損性曲線之 c_j 和 ζ_j 即可以求解。另一方面，由式(3-10) 亦可知，當資料不需要進行集群分析時，直接消除方程式中每個集群總數 X_k 求解即可。

二項分布型的特徵是，各類損害狀態 j 並無關聯性，也就是說各類損害之易損性曲線是分別求取的，這對於某些具連續性的物理現象可能並不適

用，例如當受災本體的輕、中、重等損害分級是逐步累積下的連續過程，不同損害狀態並非獨立，因此若是資料不足則可能在繪製不同損害狀態的易損性曲線時產生不合理的交錯，也就是會無法避免統計樣本精密度不同而產生的誤差。因此，二項分布型法適用於受災本體僅有發生與不發生二種情況，或是其受災情況為不連續的情況時，否則必須採用多項型分布法。

二、多項分布型

同樣地，當損害資料為巨量的網格資料時，通常可將資料予以適當的分類或分群，所以對於第 k 筆試驗資料，多項分布型之聯合機率分布表達每次試驗皆有 J 個可能的損害程度，且每次試驗是獨立且互斥的。因此，在 X 次試驗中，發生第 j 個損害分級之結果可被表示為 x_{kj} ，若發生則為 $x_{kj}=1$ ，若不發生則為 $x_{kj}=0$ 。因此機率分布的聯合機率質量函數可以多項分布定義：

$$f_k(X; P_0, P_1, \dots, P_J) \equiv \binom{X}{x_{k0}, x_{k1}, \dots, x_{kJ}} \prod_{j=0}^J [P_j]^{x_{kj}} \quad (3-11)$$

其中；

$$\sum_{j=0}^J x_{kj} = X \quad (3-12)$$

式(3-11) 中， P_j 為第 j 個損害程度至第 $j+1$ 個損害程度的區間機率，即：

$$P_j = F_j(x; c_j, \zeta_j) - F_{j+1}(x; c_{j+1}, \zeta_{j+1}) \quad (3-13)$$

且；

$$\sum_{j=0}^J P_j = 1 \quad (3-14)$$

其中 $F_0=1$ 且 $F_{J+1}=0$ 。對於 X 次試驗中所有損害程度之聯合機率分布，可以式(3-11) 之聯合機率質量函數來表達。因此，概似函數 L^M 則可表示為：

$$L^M(c_1, c_2, \dots, c_j, \zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_j) = \prod_{k=1}^K \left(\sum_{j=0}^J P_j^{x_{kj}} \right) \prod_{j=0}^J [P_j]^{x_{kj}} \quad (3-15)$$

其中 K 為資料數量。對於不同損害分級易損性曲線之 c_j 和 ζ_j ，即可經由求取概似函數之最大值進行評估。其聯立方程式表示如下：

$$\frac{\partial \ln L^M(c_1, c_2, \dots, c_j, \zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_j)}{\partial c_j} = \frac{\partial \ln L^M(c_1, c_2, \dots, c_j, \zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_j)}{\partial \zeta_j} = 0 \quad (3-16)$$

本研究中損害程度分為二類，即 $J=2$ ，包含未崩塌 ($j=0$) 及崩塌 ($j=1$)。若每筆坡面之致災資料可以得到，包含坡面之震度值 x 和是否發生崩塌，則易損性曲線之 c_j 和 ζ_j 即可以式(3-16) 求其數值解。當參數決定後，即可繪製依據強地動因子之崩塌發生機率密度函數的累積機率分布函數。需要說明的是，當 $J=2$ 時式(3-16) 之解析解與二項式相同，其表示的是在此情況下僅有一條曲線，因此無需考慮易損性曲線的交錯。

本研究將致災因子與事件發生的關係假設為對數常態分佈，其隨機變量即為震度指標 PGA 或 PGV。對於坡地易損性分析利用二項分布型建立坡地受地震引致崩塌之概似函數。對於某個受災事件，二項分布型表達在致災因子作用下僅有二個可能的損害結果，即發生與不發生的二元模式，且每次試驗皆是獨立且互斥的，所表達之涵義為某震度指標下災害發生有多少可能性。因此對於崩塌機率評估之結果，指的是某個坡面單元在某震度指標下有多少機率可能會發生崩塌。多項分布型則表達在致災因子作用下坡地有多個可能的損害狀態，由於災害狀態可能是逐步累積下的連續過程，所描述損害機率之意義，係指在某震度指標下達到或超越某種損害狀態的機率，其物理意義係指某類型坡地在某震度指標下發生崩塌的可能性。因此在本研究中崩塌機率評估之結果，指的是某個坡面單元在某地震下有多少機率可能會發生崩塌，進而推估集水區之崩塌情形。上述兩種模式，所有的事件資

料皆可利用網格分析來定義致災資料的崩塌。以資料取樣觀點，所有致災資料被災害發生與不發生所定義，由此兩元素來推論事件機率分布情形。因此致災資料可用連續型或不連續型資料表示，連續型資料可用發生率(例如崩塌率)表示，不連續型則可用 0/1 定義是否發生；前者即可用網格法推求崩塌率，後者可用坡面法評估是否發生崩塌。

第二節 高震度區坡地易損性曲線建立及適用範圍

地震引致崩塌現象通常要在一定震度以上才會出現，例如 921 地震事件中震級 6 區域開始出現零星事件，震級 7 以上區域才有明顯的大量事件(王文能、尹承遠等人，2000)，然而有時即使震度很高卻不發生崩塌，這表示地震引致崩塌現象除了具有臨界現象，也具不確定性，這些不確定來自局部的非均質的地文條件，例如地質、坡度、坡向...等。因此就巨觀而言，藉由統計機率方法評估地震誘發崩塌的可能性，就可作為有效地進行廣域崩塌的評估方法之一。

另一方面，過去研究中囿於真實地震紀錄可得資訊有限，調查報告大多以中央氣象局地震分級作為概略的描述，而我國因地震儀器布建越來越精密，舊制震度分級偶爾會出現小規模地震但震度很高的極端情形，這是因為地震在一瞬間發生了很大的加速度，然而這類型的地震由於動量不足通常不足以產生災害，也因此常見震度達烈震以上等級，但卻沒有任何災情傳出的情形。因此，經過專家學者的建議，中央氣象局為了使震級劃分和實際災害的嚴重程度有更好的相關性，於 109 年 1 月起發布新制震度分級表(震度分級以下簡稱震級)，如表 3-1，將震級 4 以下和震級 5 以上切分為二部分，震級 4 以下依原分級標準不改動以 PGA 定義，震級 5 以上則改以 PGV 定義，並給予新的分級標準。此外，將原 8 區震級擴增為 10 區震級，其中震級 5 和震級 6 分別劃分為震級 5 強和 5 弱、震級 6 強和 6 弱。

震級實際評估的過程是，當地震測站測量到地震歷時後，首先將計算各測站之 PGA 和 PGV，再經由空間內插推估(採用 IDW)得到全域之震度分布，根據震度分布依表 3-1 之標準 PGV 達 15 cm/s 以上(震級 5 弱)以 PGV 定義，PGV 在 15 cm/s 以下(震級 4)以 PGA 定義，由此評估全國之震級劃分，而震級 5 弱以上之 PGA 值則做為參考。如此細化之震級劃分有利於防災實務運用，不致因震級的震度值範圍過大而產生應用上的不便。

表 3-1 中央氣象局地震震度分級對照表 (2020 年新制)

震度分級		PGA(gal=cm/s ²)	PGV(cm/s)
0 級	無感	0.8 以下	0.2 以下
1 級	微震	0.8~2.5	0.2~2.7
2 級	輕震	2.5~8.0	0.7~1.9
3 級	弱震	8~25	1.9~5.7
4 級	中震	25~80	5.7~15
5 弱	強震	80~140	15~30
5 強		140~250	30~50
6 弱	烈震	250~440	50~80
6 強		440~800	80~140
7 級	劇震	800 以上	140 以上

資料來源：中央氣象局，2020。

坡地崩塌發生可能性與地震因子之關係，可藉由易損性分析原理建立特定地震因子下某類坡地對於致災因子可能引致崩塌發生之機率，即可建立坡地易損性曲線。這個關係建立在有良好致災資料所建置之崩塌資料庫或崩塌目錄。對於廣域崩塌評估可依據不同之地文分類及誘發指標建立不同類別之坡地易損性曲線，而可用來進行坡地分類之地文因子例如坡度、地質、坡向…等，而引致崩塌之誘發指標則可採用地震之 PGA、PGV、SI…等，建立與坡地崩塌的易崩特性關係。

由於地震誘發崩塌具有一定地域性，發展基於經驗統計法的坡地易損性模式需要充分且客觀的災損資料和地震紀錄，由於過去重大地震引致崩塌之地震紀錄並不多，本研究採用的是基於 921 地震事件之崩塌資料建立之地震誘發坡地崩塌之坡地易損性曲線，可適當表現本土之強震特性與地文環境特性。以 921 地震中高震度地區為例，除針對研究地區的基本資料蒐集外，亦蒐集其範圍內的相關資料，包括河川流域範圍、集水區範圍、5m

數值高程模型、水系、地質、岩性等；以及事件資料，包括地震歷時紀錄、921 地震前後期衛星影像等。藉由地震危害度分析和衛星影像判釋崩塌地等技術，將環境及崩塌資料建置成網格式崩塌資料庫。另一方面，藉由 DEM 進行坡面單元分析，提供坡面崩塌評估資訊。再利用網格集群最大概似分析法，可將各類坡地分類資料進行坡地易損性分析，進而繪製易損性曲線。

在進行坡地易損性分析中，必須要考量的另一特性即是坡地崩塌的幾何特性。對於網格崩塌資訊，目前已可藉由高精度衛星影像判釋得到，但此資訊未必完全符合地形特性，同時具有一定的不確定性。因此，本研究考量地形特徵單元與評估合理性引入坡面單元分析，坡面單元因具有符合地形特徵之特點，此特點有利於未來進一步的坡面評估分析，相較網格單元更可靠及合理可行，將有助於釐清空間上坡地之影響範圍及應用評估。

坡地易損性曲線建立流程如圖 3-1 所示。本計畫在前期計畫中已分別完成 PGA 及 PGV 為誘發因子的 12 類坡地易損性曲線，基於中央氣象局新制地震震度分級對照表，並考慮實際上震級 5 以下區域多為零星且隨機的崩塌，因此採用震級 6 以上區域的崩塌致災資料分析，也就是不考慮震級 5 以下區域之致災資料之影響，建立適於震級 6 以上地區 ($PGA \geq 250 \text{ cm/s}^2$ ； $PGV \geq 50 \text{ cm/s}$) 之坡地易損性曲線。

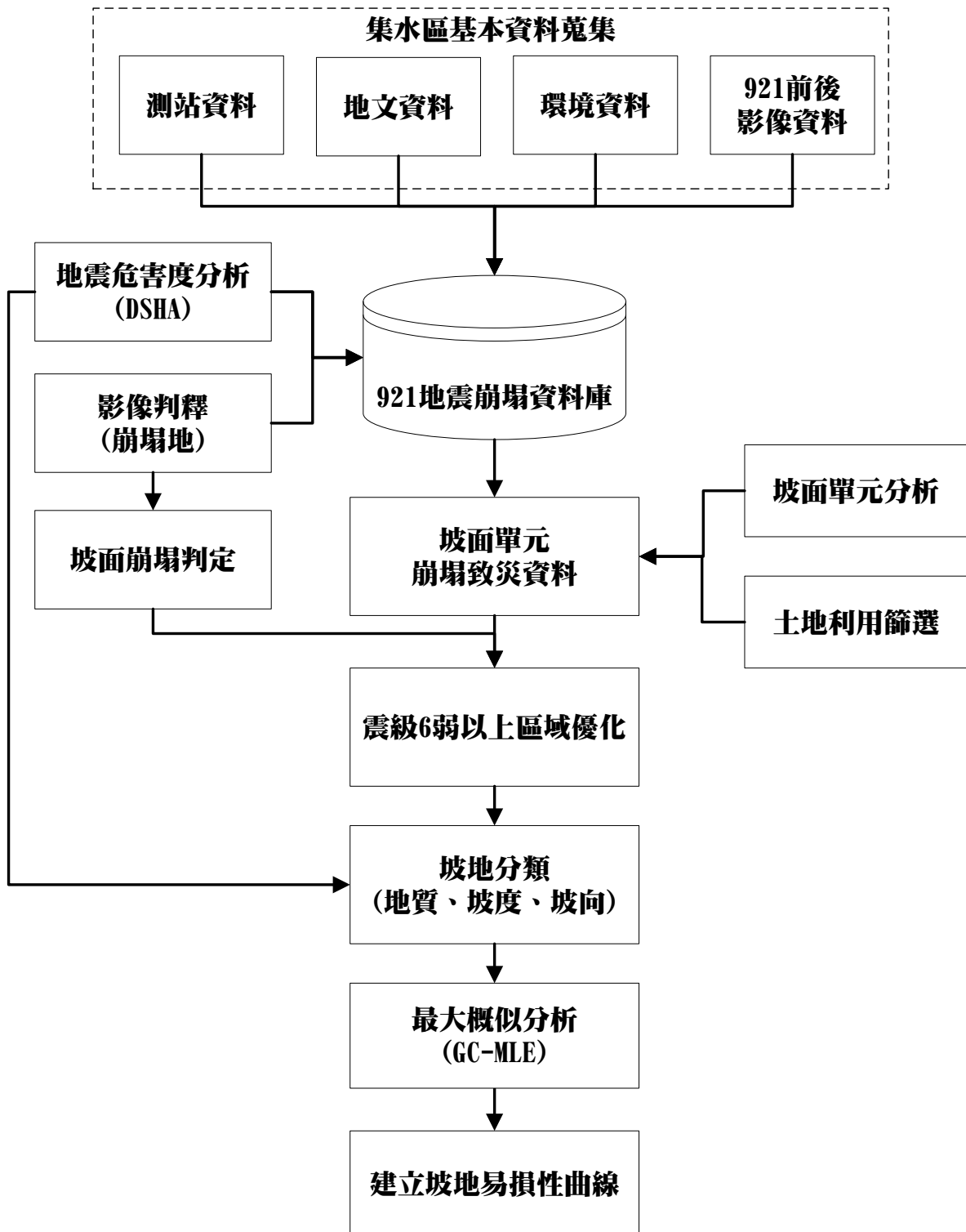


圖 3-1 坡地易損性分析流程

第三節 921 地震資料庫建立

一、基本資料

本研究以具代表性的 921 地震為對象，作為本研究建立坡地易損性曲線的研究地區，優選具高潛勢危害地區，也就是選擇車籠埔斷層鄰近範圍，所選地區同時也是在地震中的高災損地區。同時，由於 921 地震的逆衝斷層效應，上盤（斷層東側）遠比下盤（斷層西側）嚴重，地表加速度和災損相對較高。因此，本計畫研究區選擇烏溪流域集水區周邊範圍，行政區域隸屬於台中及南投，由大里、北港、烏溪、貓羅溪、南港溪、水里溪，六個集水區所組成，劃定之集水區面積 658.34 平方公里，如圖 3-2 所示。

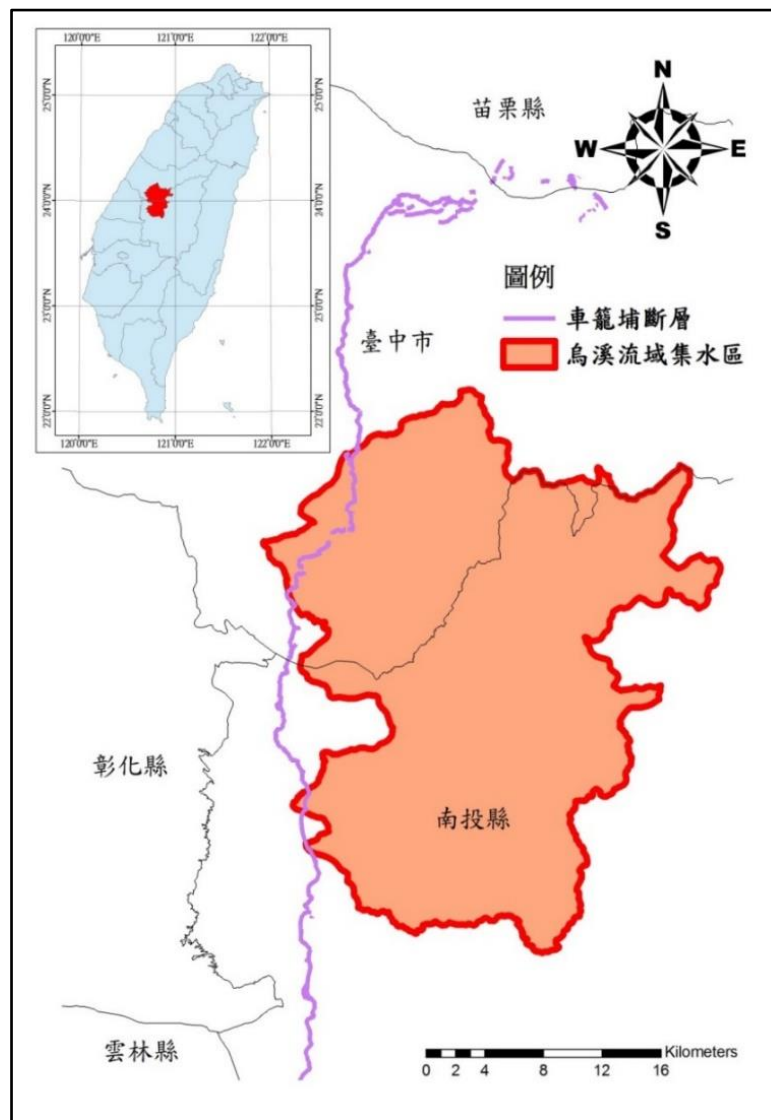


圖 3-2 研究區域

二、事件前後期裸露地

本研究以各期事件衛星影像可進行裸露地判釋，初步瞭解可能崩塌地位置。所使用必要之原始影像資料為自中央大學太空及遙測研究中心購買之 SPOT 衛星多波段 (XS) 影像資料。前後期裸露地之狀況如圖 3-3 所示。裸露地面積統計如表 3-2。

表 3-2 研究地區裸露地統計

事件名稱	集水區有效面積	裸露地面積	裸露比例
921 地震前期	38,446.00ha	236.04ha	0.61%
921 地震後期		1688.40ha	4.39%

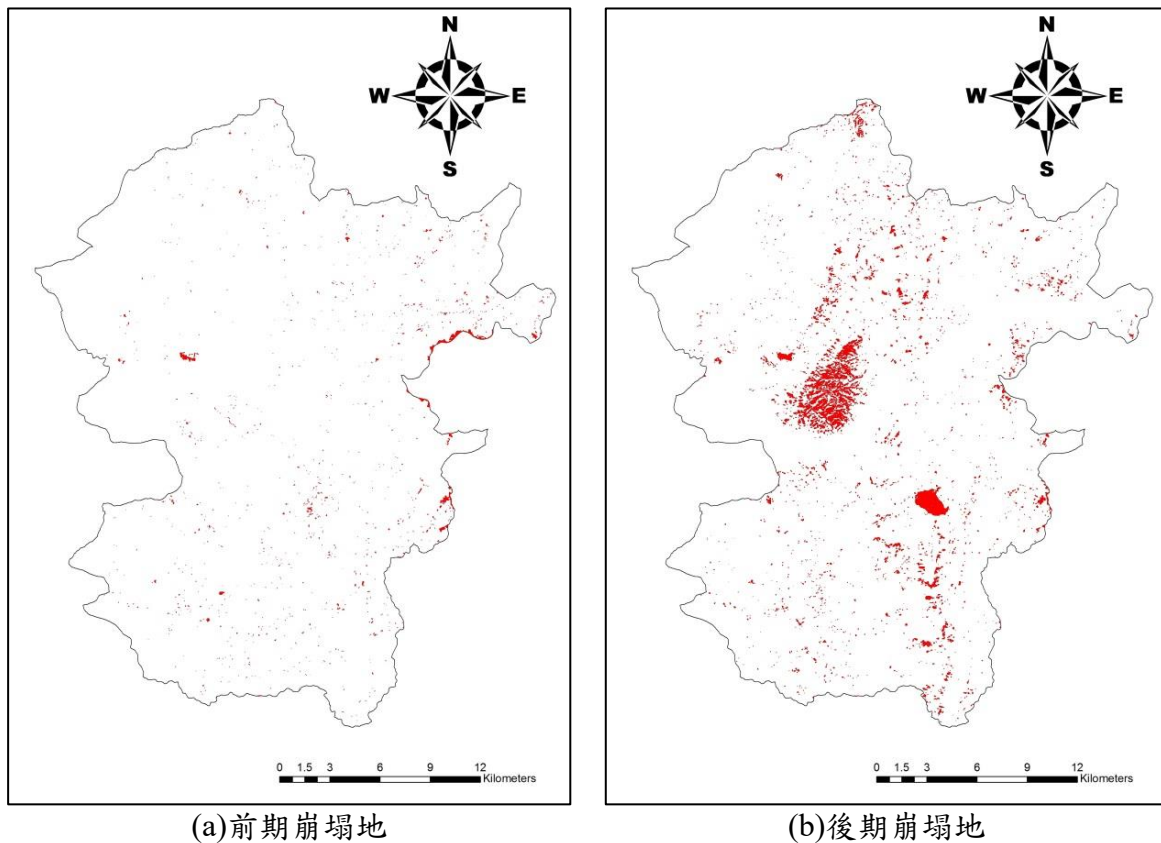


圖 3-3 九二一地震前後期裸露地分布

三、新增崩塌地

事件崩塌地之變遷狀況，可藉由前後時期之裸露地變異情形獲得。賴志強 (2007)、陳俞旭 (2008) 等人對於地震及降雨引致之崩塌地分類，考慮植被復育之影響，將崩塌地分類為四類。如圖 3-4 所示，包括：

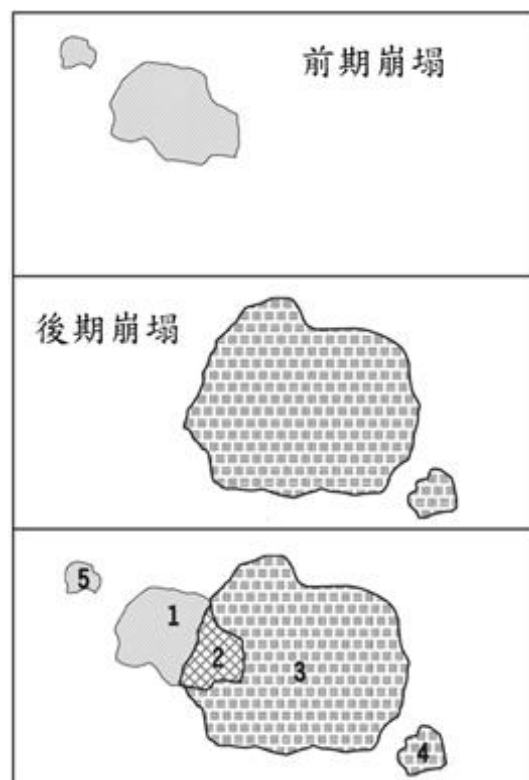
(一) 崩塌復育：(1) 與 (5)

(二) 舊有崩塌地：(2)

(三) 舊有崩塌地擴大：(3)

(四) 新生崩塌地：(4)

而其定義「新增崩塌地」，則為「舊有崩塌地擴大」加上「新生崩塌地」的部分，即 (3) 與 (4)。上述之分類方法，對於前後期崩塌地變遷情形，在技術層面上具有清晰的定義，可由此判定某區塊是否確實發生崩塌。然而，雖然在大部份的情形下，舊有崩塌地地的擴大確實與事件相關，但並無法確切知道舊有崩塌地也在該次事件產生崩塌。尤其擴大有時並非只是往外擴增，也可能有內部加深之情形；然而此狀況並不能以空間區位判別而獲得，且其內部是否真的發生加深情形，須進行現地勘查才可能得知。根據上述崩塌地之分類，本研究將各颱風事件前後時期之崩塌地圖資進行套疊，由此獲得崩塌地變遷資訊。



資料來源：修改自賴志強(2007)；陳俞旭(2008)

圖 3-4 崩塌地變遷及分類示意

新增崩塌地關聯性查詢可直接針對裸露地進行網格套疊，即可顯示出崩塌地相對應位置的集水區網格，再將顯示出崩塌地之網格標記成數字 1，表示該網格發生崩塌，未發生崩塌之網格則標記為數字 0，如圖 3-5 所示，藉由前後期裸露地得到之崩塌地，即為 921 地震後所造成之崩塌，如表 3-3 及圖 3-6 所示。

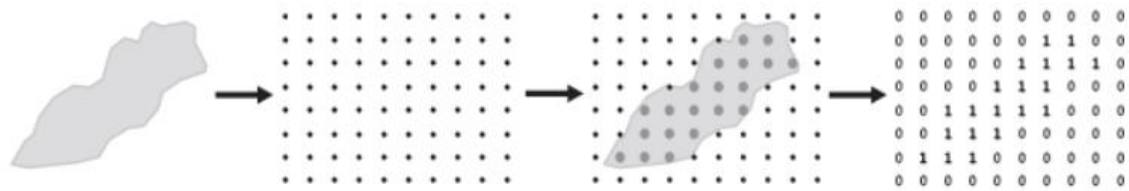


圖 3-5 坡面資料套疊網格示意圖

表 3-3 研究地區新增崩塌地統計

崩塌類別	921 地震
集水區有效面積	38,446.00ha
新增崩塌地面積	965.84ha
新增崩塌率	2.51%

資料來源：本研究整理

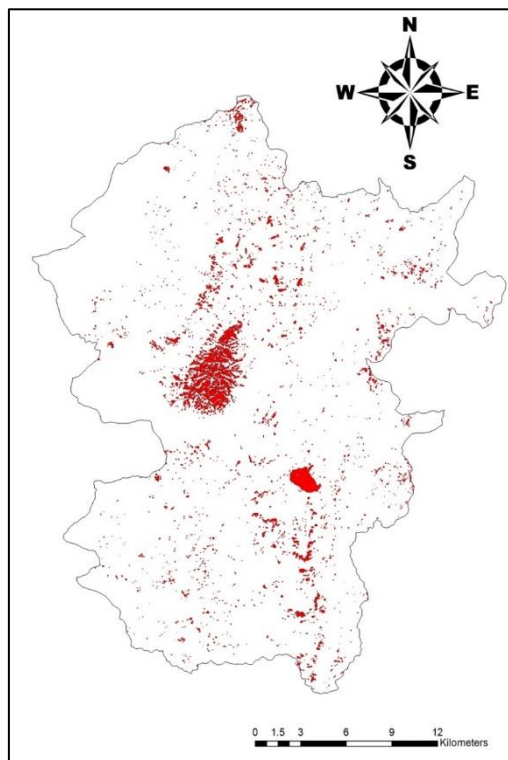


圖 3-6 921 地震新增崩塌地

四、地震誘發崩塌之地表震度

地震災害潛勢分析之目的在於瞭解地震發生後可能造成區域潛在威脅之程度，通常可利用尖峰地表加速度 (Peak Ground Acceleration, PGA) 或尖峰地表速度 (Peak Ground Velocity, PGV) 表達潛勢分析的物理量 (即震度)。地震潛勢分析可經由區域鄰近之活動斷層分布，考量適合之震源參數 (包括活斷層帶、地震規模及深度) 及震度衰減率來推估尖峰地表震度值，此種方法亦稱為定量地震危害度分析 (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA)。

為了進行地表震度之空間分布，本研究自 TSMIP 中蒐集經中央氣象局校正且可信度較高之 444 個臺灣本島強地動測站紀錄，測站分布與車籠埔斷層帶之關係如圖 3-7 所示，其中有十數筆的資料是位於近斷層處，將有利於描述斷層特性 (溫國樑與柴駿甫，1999)。

本研究以上述 444 個強地動測站所得 921 地震主震之三軸向地表震度歷時記錄，分別取歷時記錄中最大值做為該測站之場址三軸向震度值。然而，對於地震引致損害主要係水平向地震力所造成，因此某測站之場址震度值多以較為重要之雙軸水平向震度進行探討。過去許多研究曾採用雙軸水平向震度之幾何平均值 (geomean)、最大值 (maximum value) 或算術平均值 (average) 等作為某測站之場址震度值，本研究則採用其中的幾何平均值定義之，可表示如下：

$$S_{site} = \sqrt{S_x S_y} \quad (3-17)$$

上式中， S_{site} 為某測站之場址震度值； S_x 及 S_y 分別為測站之東西向及南北向震度值。此測站之場址震度值可作為未設測站場址推估震度空間分布之基準值。

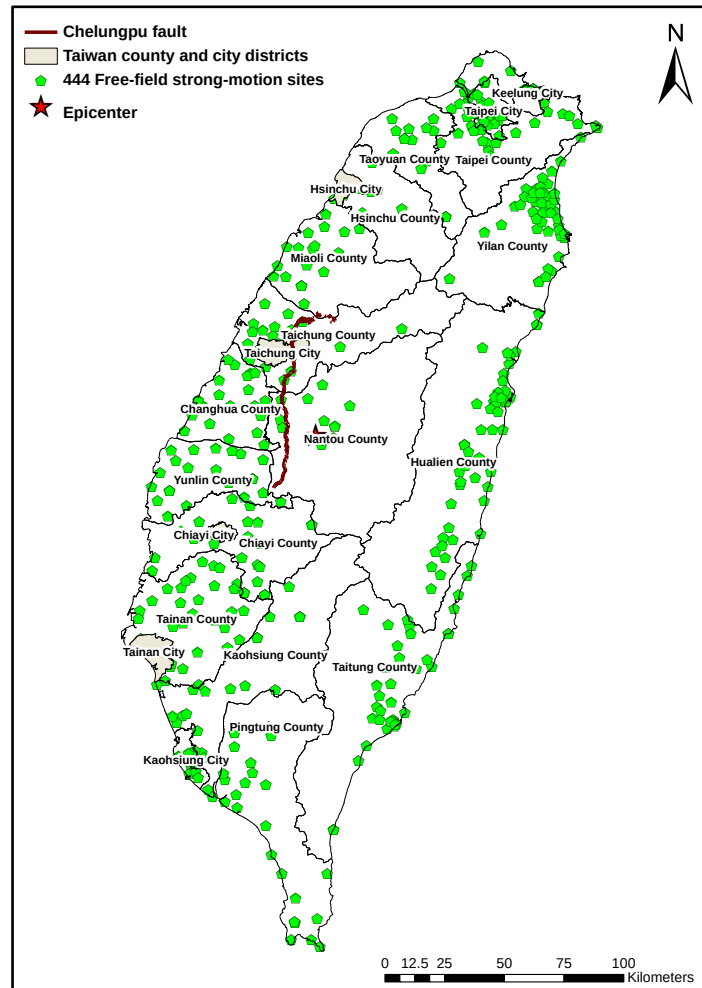


圖 3-7 自由場強地動測觀測網 (TSMIP) 測站分布

(一) 地表震度衰減率

根據以往地震學家對於地震的觀察，場址地表震度的大小與斷層之距離呈負相關。地表震度衰減率被用以描述場址隨著震源距離遠近導致地表震度衰減之關係。全世界對於 PGA 及 PGV 之地表震度衰減率之研究相當多，主要是以歷史地震資料為基礎，依據不同的地質條件，提出許多不同型式之衰減公式，再透過統計回歸的方式求得。早期較為著名的學者有 Campell (1997)、Boore and Joyner (1997)、Sadigh *et al.* (1997) 等人所提出之地表震度衰減公式，地表震度衰減率根據選擇和蒐集的地震紀錄不同而有不同的適用特性，以 Campell (1997) 為例，其蒐集 1957—1993 年之世界 49 筆地震事件記錄進行統計回歸，其所得之水平向地表震度衰減率表示為：

$$\begin{aligned} \ln(S_h) = & -3.512 + 0.904M_w \\ & -1.328\ln\sqrt{R^2 + [0.149\text{Exp}(0.647M_w)]^2} \\ & + [1.125 - 0.112\ln R - 0.0957M_w]F_{\text{fault}} \\ & + [0.440 - 0.171\ln R]S_{\text{SR}} + \varepsilon \end{aligned} \quad (3-18)$$

$$\begin{aligned} \ln(V_h) = & \ln(S_h) + 0.26 + 0.29M_w \\ & -1.44\ln[R + 0.0203\text{Exp}(0.958M_w)] \\ & + 1.89\ln[R + 0.361\text{Exp}(0.576M_w)] \\ & + (0.0001 - 0.000565M_w)R - 0.12F_{\text{fault}} \\ & - 0.15S_{\text{SR}} - 0.30S_{\text{SR}} + \varepsilon \end{aligned} \quad (3-19)$$

式(3-18)中， S_h 為雙軸水平向 PGA 之幾何平均值，單位為 cm/s^2 ；式(3-19)中， V_h 為雙軸水平向 PGV 之幾何平均值，單位為 cm/s ； M_w 為地震之震矩規模； R 為場址至震央之距離，單位為 km ，定義為斷層帶至場址最短距離； ε 為一平均值為 0 之隨機誤差 (random error)； F_{fault} 為斷層種類參數，其值如表 3-4 所示，以 921 地震為例，震源機制係車籠埔斷層破裂所造成，其主要破裂面約為南北走向，傾角向東約為 26 度，此幾乎純逆斷層之震源機制即屬第三類斷層； S_{SR} 及為現地條件參數，沖積土層或硬土層為 0，軟岩為 1，可經由土壤分布圖求得場址之該條件參數。

表 3-4 斷層種類參數

	第一類	第二類	第三類
	走向滑移斷層	正斷層	逆衝、逆斜等斷層
F_{fault}	0	0.5	1

資料來源：Campell (1997)

地表震度衰減率之選擇必須符合地域性和通用性原則，實際上能夠適用於台灣且符合 921 地震特性之衰減率其實並不多。對於本研究採用之地表震度衰減率，則根據前人研究建議分別採用學者吳逸民等人對於臺灣地區之衰減率研究成果 (Wu *et al.*, 2001，以下簡稱 Wu 衰減率)。吳逸民等人針對 1995—1999 年臺灣地區發生之 60 筆地震事件記錄進行統計回歸，其所得之水平向地表震度衰減率表示為：

$$\log_{10}(S_h) = 0.00215 + 0.581M_w - \log_{10}(R + 0.00871 \times 10^{0.5M_w}) - 0.00414R \quad (3-20)$$

$$\log_{10}(V_h) = -2.49 + 0.810M_w - \log_{10}(R + 0.00871 \times 10^{0.5M_w}) - 0.00268R \quad (3-21)$$

地表震度衰減率是蒐集多次地震實測記錄後之回歸結果，實際上不完全能夠適用 921 地震實測資料，因此必須對地表震度衰減率進行修正以反應衰減率之函數特性。地表震度衰減率修正之方法係將震矩規模 M_w 與場址至斷層帶之最短距離 R 分別帶入衰減率中，得到震度之推估值後再乘上修正係數，並使測站實測值與修正後推估值間之誤差絕對和為最小，即可分別求取修正係數。修正之模型如下式：

$$\min \Delta = \sum_{m=1}^M |(S_m)_T - \alpha(S_m)_E| \quad (3-22)$$

上式中 $(S_m)_T$ 為第 m 個強地動測站之實測資料； $(S_m)_E$ 為第 m 個強地動測站以地表震度衰減率推估之結果； M 為測站數量； α 為修正係數。曾有文獻提出 921 地震之衰減趨勢與全世界資料相差不多，但加速度值較小約 0.4—0.7 倍 (溫國樑與柴駿甫, 1999)。本研究利用 444 個測站進行地表震度衰減率之修正，所得到之加速度與速度之修正係數分別為 0.568 和 0.520。

(二) 強地動因子空間推估

由於自然界中的諸多現象多具有時間或空間上之變異，因此對於散佈在空間中的自然變量，經常利用地理統計之區域化變數理論表現其性質。區域化變數理論為學者 Matheron (1971) 所提出，其理論之基礎係假定散佈在空間結構中之自然變量存在一定的分布特性。若這些現象僅針對時間或空間上的不連續點表述，則這些物理量之變異則可用隨機變數描述，而不同時間或空間不連續點上之隨機變數未必相同，因此在空間中之隨機變數即形成一個隨機變域。區域化變數通常被以 $Z(x)$ 表示，其中 x 代表空間中的位置向量。區域化變數理論之核心即在於如何分析及建構 $Z(x)$ 之空間隨機變域模

型，並利用此空間隨機變域模型進行空間資料之推估。自然界的許多現象均具有隨機變域的表現，例如震度、降雨量、溫度等。由於在空間中不同區域之各隨機變數並非完全獨立，而是可能具有不同程度的相關性，隨機變域之表現值即被稱為區域化變數 (regionalized variable)。

散佈在空間中的自然變量若存在明確的空間結構特性即可稱之為區域化 (regionalization)，而所謂區域化變數通常包含能夠明確以數學關係式表示的確定性資料與具隨機特性的非確定性資料，也稱之為非統計問題和統計問題這兩種類別。對於地震所引致之地表震度分布問題而言，確定性資料即地表震度衰減率，代表由任意震源引發的地表震度在空間中之分布模式；但對於非確定性資料，則係時間與空間之不同而產生之隨機變異，由於無法使用明確的數學關係式來表達，而且每次觀測的結果也可能不同。因此，基於地理統計理論之觀點，空間中任意區域之地表震度 $Z(x)$ 即具有隨機變域的特性，其係由區域化趨勢值 $M(x)$ 和殘差分量 $R(x)$ 所組成。對於空間中之地表震度，震度分布即可滿足下式 (Journel, 1983)：

$$Z(x) = M(x) + R(x) \quad (3-23)$$

上式中 $Z(x)$ 為位於 x 處之地表震度之區域化隨機變數值； $M(x)$ 為區域趨勢值，可表示為在 x 處的一個緩慢變化的定率函數 (deterministic function)，即地表震度衰減率，其值等於 $Z(x)$ 在 x 處之期望值，滿足：

$$M(x) = E[Z(x)] \quad (3-24)$$

$R(x)$ 為殘差分量，即為空間中隨機變動值 (erratic fluctuations)，期望值為 0，滿足：

$$E[R(x)] = 0 \quad (3-25)$$

殘差分量定義為在 x 處之地表震度值與對應區域趨勢值之差，其表達隨機

變數的空間變異 (Yamazaki *et al.*, 1999; Yamazaki and Murao, 2000)。因此，此殘差分量即符合區域化變數理論之假設，可應用克利金方法進行空間中隨機變動值推估。如圖 3-8 所示，完成隨機變動值的推估後再將任意 x 處之區域趨勢值與推估結果相加，即為空間全域推估。

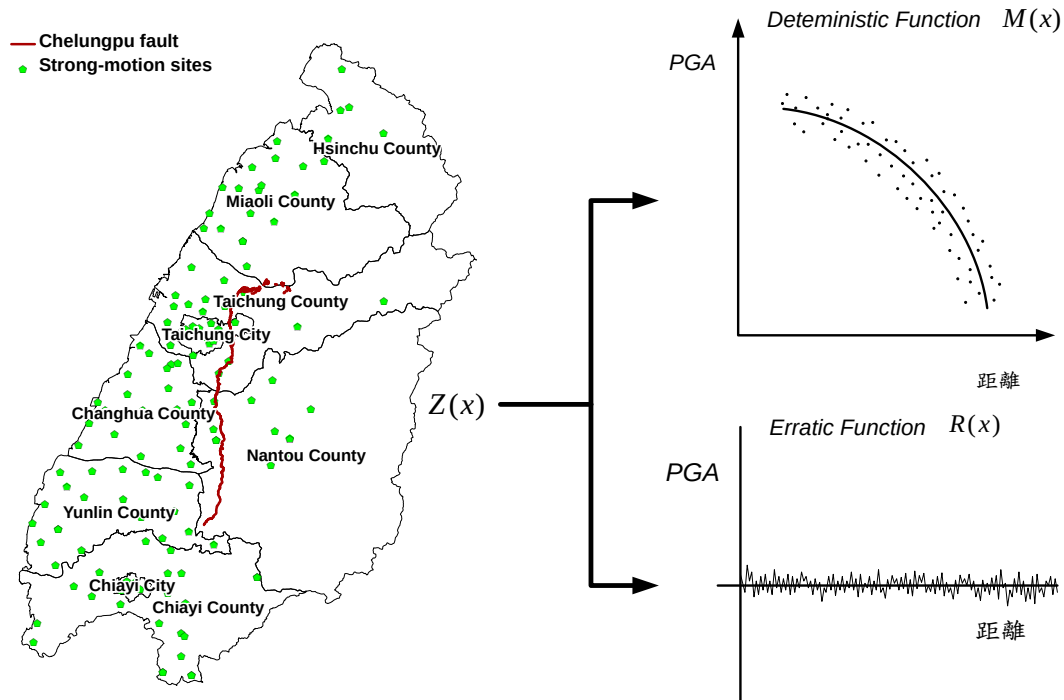


圖 3-8 區域趨勢值與空間中隨機變動值之關係

進行空間中隨機變動值推估前必須對空間資料進行空間結構分析，而以克利金空間內插方法進行地表震度之空間結構分析，其核心即須進行所謂的半變異數分析 (semivariogram analysis)。半變異數代表觀測資料之空間變異，係描述區域變數 (regionalized variable) 沿著某一特定方向的變化率值，以此估計已知觀測資料的空間變異度。

對於地表震度之空間分布，本研究採用克利金空間內插方法。克利金空間內插方法係利用已知位置之觀測資料，藉由地理統計技術推估空間中未觀測位置之隨機變數的內插方法 (即在任意 x 處之區域化隨機變數值 $Z(x)$) (Matheron, 1971; Journel, 1983; Journel and Rossi, 1989; Cressie, 1993)。克利金空間內插方法使用變異函數 (variogram model) 表達隨機變數的空間變

異，而其估計原理係使分布於空間中已知位置之觀測資料的誤差預估值為最小 (Cressie, 1993)。因此，克利金空間內插方法係建立在線性回歸的基本假定上，使假定之共分散模型 (covariance model) 的估計變異為最小 (Journel, 1983)。過去已有許多研究已成功地應用克利金空間內插方法在地表震度之推估及模擬，並進一步地應用於地震危害評估 (例如 Carr, 1983; Carr and Glass, 1984; Maruyama *et al.*, 2010; Shabestari *et al.*, 2004; Wu, Hsiao & Teng, 2004; Yamazaki *et al.*, 1999; Yamazaki and Murao, 2000)。

本研究利用 921 地震強地動測站之場址震度值，採用 Wu 衰減率做為定率函數分別以一般克利金系統方程式推估未設測站之全域空間分布，並以 100 m×100 m 之網格作為空間全域推估之尺度。藉由殘差分量套配之最佳半變異數模式及參數，利用地理資訊系統軟體 Arc GIS 內建之克立金空間分析內插模組推估空間中之隨機變動值。根據式(3-21)，空間推估之隨機變動值 $R(x)$ 再與區域趨勢值 $M(x)$ 相加，即可完成地表震度之全域推估 $Z(x)$ 。

震度衰減率所得之殘差分量套配之最佳半變異數模式為指數模式，藉由克立金空間內插方法先針對已知測站之推估值比較，實測值 (PGA_T) 與推估值 (PGA_E) 之比較結果平均絕對誤差 (mean absolute error) 為 1.87%，此準確度已可作為推估全域地表震度之有效基準。PGA 和 PGV 之空間推估結果分別如圖 3-9 和圖 3-10，由圖 3-9 中顯示在車籠埔斷層帶沿線之推估結果較高，最大 PGA 值為 815.07 cm/s^2 ，由圖 3-10 中顯示最大 PGV 值為 130 cm/s，此結果顯示出由於 PGA 和 PGV 不同的物理量，因此其在空間分布上的不同，最高震度區域發生在不同的位置。這也表示若以新舊制地震震級定義劃設震級區，會有完全不同的結果，921 地震之最高震級若以舊制定義為 7 級，而若以新制定義則為 6 強級。

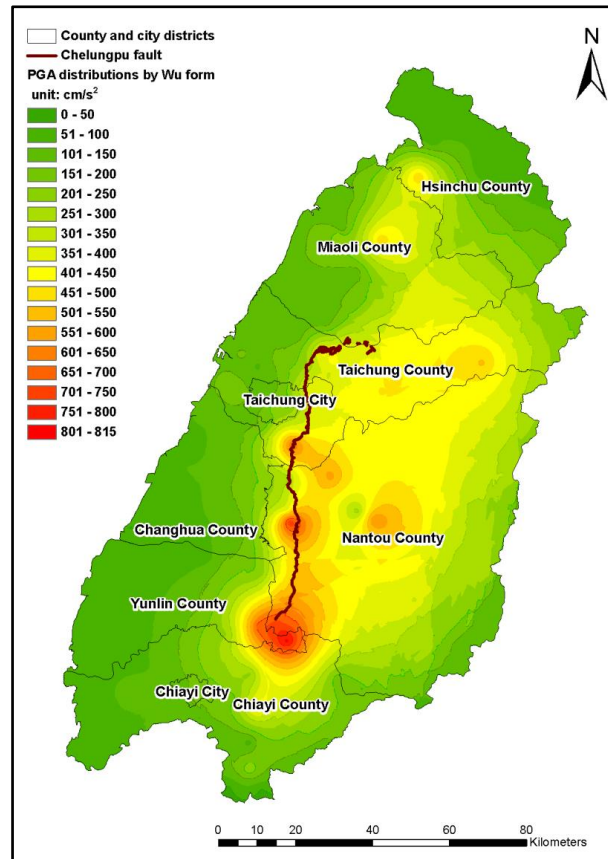


圖 3-9 尖峰地表加速度 PGA 分布

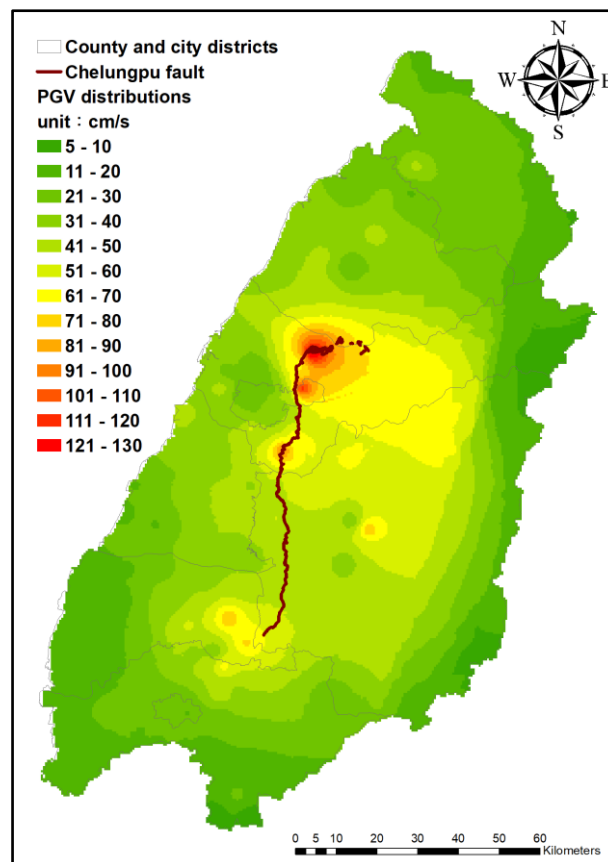


圖 3-10 尖峰地表速度 PGV 分布

第四節 環境因子資料庫

進行坡地易損性分析前須建立河川流域各類環境因子資料，集水區資料蒐集自林務局農林航測所以及水土保持局全國集水區圖層，資料範圍包括烏溪流域集水區及鄰近集水區之相關地文、水文地理資訊圖資，採用圖層範圍包括集水區範圍圖、河系圖等地理資訊基礎圖資。在集水區環境因子方面，本研究藉由網格資料庫建置各類環境因子屬性及崩塌事件等資訊。環境資料庫將以 20m×20m 之網格尺度將不同集水區範圍內所有屬性因子鏈結，資料庫細分為三個部分：(1) 地文因子；(2) 篩選因子及 (3) 崩塌資訊。資料庫基礎為調查蒐集之基本資料，例如集水區基本圖資、事件衛星影像、數值高程模型 (5m×5m)、五萬分之一地質圖、國土利用圖等基本共通資料，並且須進一步處理各類資訊，例如坡度、坡向、高程、順向坡、事件陰影、崩塌地資訊等。此外，篩選因子中部份不適用區域被剔除，例如無法判釋區 (陰影區塊)、已開發地區 (建物、農地、行水區)、河系 (河流、湖泊)、地質 (沖積層)、較緩坡度區 (1~3 級坡) 等。環境資料庫之類型和檔案格式如表 3-5 所示。

表 3-5 環境資料庫之類型和檔案格式

類型	資料名稱	檔案形式
地文因子	地質	向量檔案(Shapfile，類型：Ploygon)
	坡度	影像檔案(Raster，解析度：5m)
	坡向	影像檔案(Raster，解析度：5m)
	順向坡	向量檔案(Shapfile，類型：Ploygon)
	距斷層遠近	向量檔案(Shapfile，類型：Ploygon)
篩選因子	高程(1500 以上)	影像檔案(Raster，解析度：5m)
	河系圖	向量檔案(Shapfile，類型：Ploygon)
	國土利用	向量檔案(Shapfile，類型：Ploygon)
	921 地震後期陰影	向量檔案(Raster，解析度：20m)
崩塌資訊	921 地震前期裸露地	影像檔案(Raster，解析度：20m)
	921 地震後期裸露地	影像檔案(Raster，解析度：20m)

資料來源：本研究整理

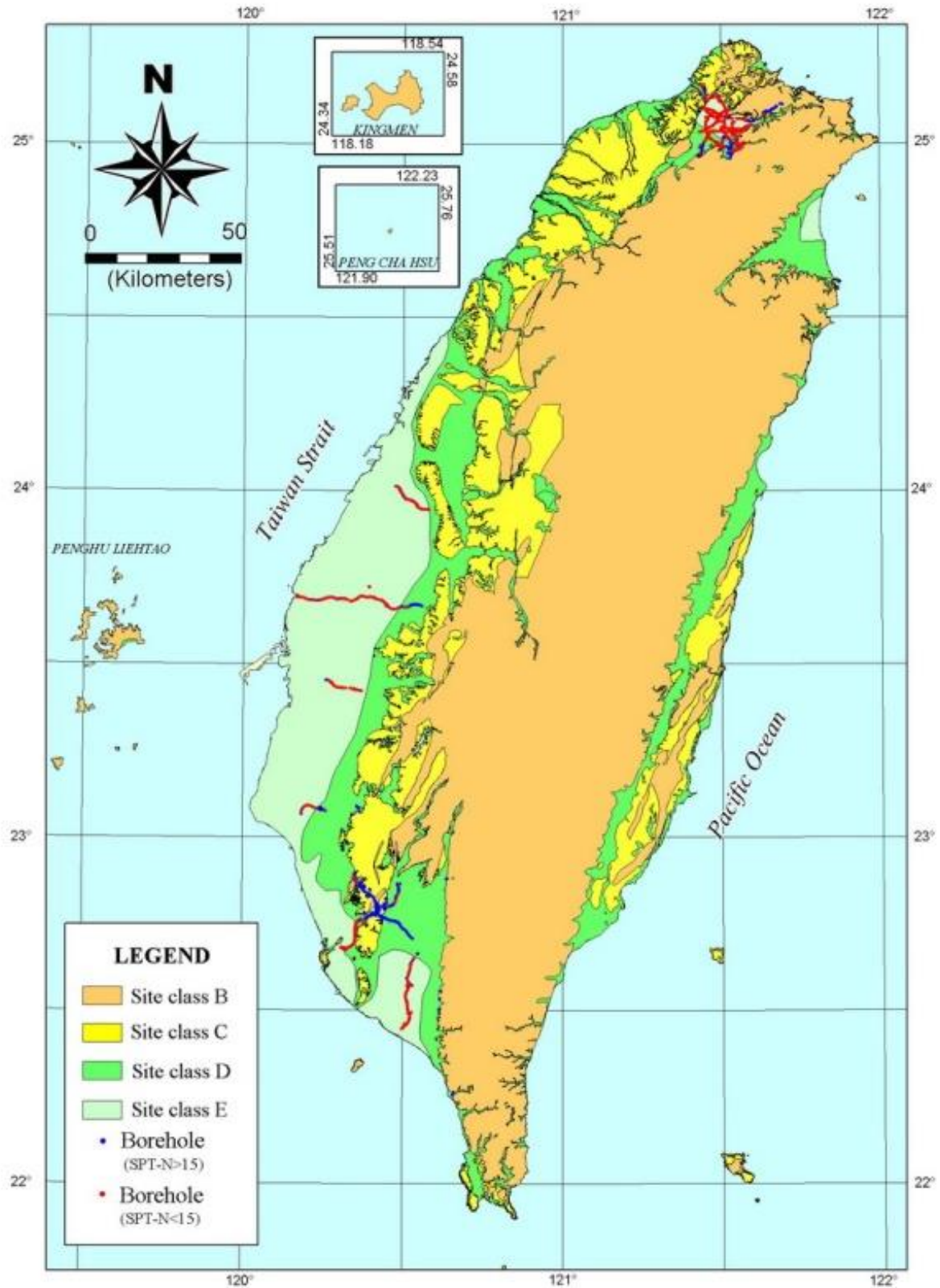
一、地質資料

根據過去研究，地震引致的崩塌與年代、岩性、地層的相關性較不易確認，而與地震引致的振動、加速度與波速更為直接相關。以地震工程學的角度，地震波的傳遞與岩土硬度具有較大關係，影響地振動的大小，通常堅硬的岩盤傳遞更多能量至地表，也引致更高的震度。李錫堤等人 (Lee *et al.*, 2001) 將全台灣地區的地震測站所在之場址，由硬至軟依序分為 B、C、D、E 四類如表 3-6 及圖 3-11 所示，本研究依據該研究之分類將地質圖資套疊至集水區網格內。此分類模式將適於作為地震崩塌評估的地質參數。

表 3-6 李錫堤教授提出之台灣地區地質分類

分類	1997 UBC 分類準則	台灣地區分類準則
B	Rock, shear velocity is from 760 to 1500 m/s	中新世或較老的地層, 包含石灰岩、火成岩及變質岩等
C	Very dense soil and soft rock, shear velocity is from 360 to 760 m/s, Undrained shear strength $u_s \geq 2000$ psf ($u_s \geq 100$ kPa) or $N \geq 50$ blows/ft	上新世及更新世地層，包含礫石層、火山角礫岩、火山碎屑岩...等，以及紅土台地
D	Stiff soils, shear velocity is from 180 to 360 m/s, Stiff soil with undrained shear strength $1000 \text{ psf} \leq u_s \leq 2000 \text{ psf}$ ($50 \text{ kPa} \leq u_s \leq 100 \text{ kPa}$), or $15 \leq N \leq 50$ blows/ft	更新世晚期與全新世地層，低位河階地, 以及緻密的黏土層或砂泥層平均地表 30m 內 SPT N 值 ≥ 15
E	Soft soils, Profile with more than 10ft (3m) of soft clay defined as soil with plasticity index $PI > 20$, moisture content $w > 40\%$ and undrained shear strength $u_s < 1000 \text{ psf}$ (50kPa), or $N < 15$ blows/ft	全新世沈積物及回填物等，平均地表 30m 內 SPT N 值 < 15

資料來源：Lee *et al.*, 2001



資料來源：Lee *et al.*, 2001

圖 3-11 李錫堤教授分類之地質圖

二、坡向資料

回顧過去大多數地震和降雨引致崩塌的相關文獻中皆顯示 (Sidle *et al.*, 1985)，坡向與崩塌具有一定的相關性，但無法有一個定性的關係，主因在於降雨或地震與坡向的關係是變動的相對關係，因此難以掌握其定性關係。坡向是指坡面的朝向，它表示表面某處最陡的傾斜方向。它可以被認為是山體所面向的坡向或指南針的方向。在計算坡向的過程中，坡向以度為單位按逆時針方向從 0 度 (正北方向) 至 360 度來度量，可分為九方向，包含平坡及北向、東北向、東向、東南向、南向、西南向、西向、西北向等。坡向圖中的每個網格單元的值表示此網格單元所在坡的面向。水平的坡沒有面向，均被賦予「-1」值。本研究將坡向納入環境因子之分析考量，並考慮其與地震波方向的相關性。坡向可以研究區 DEM 之資料計算各網格坡向，如圖 3-12 所示。

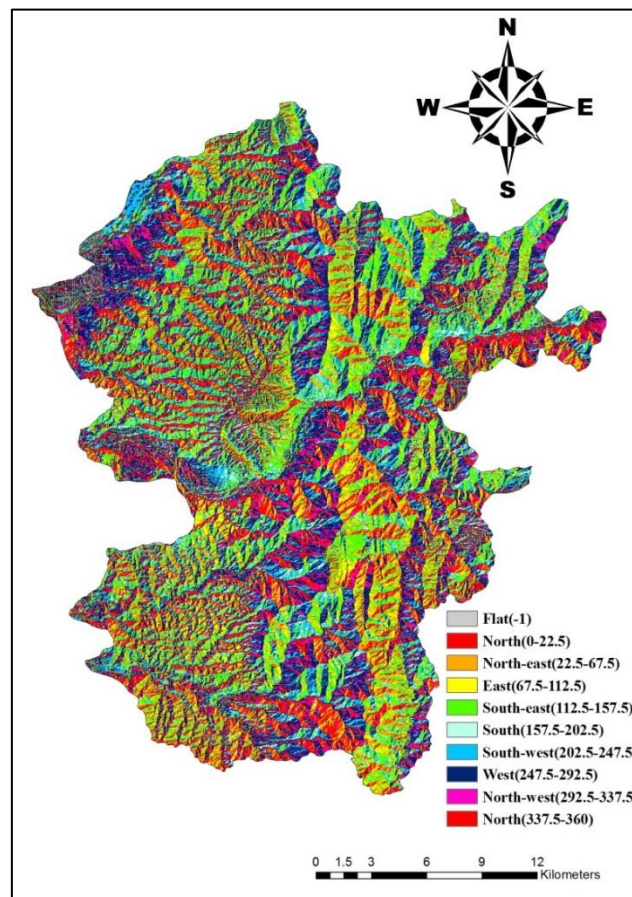


圖 3-12 坡向圖(以研究區域為例)

三、坡度資料

某地形的斜度即為坡度，常用於標記丘陵的傾斜程度，一般坡度的數值是以角度 (degree) 表示 (三角函數的正切函數)，亦有以百分比表示，即為「高程增量除以水平增量再乘以 100」。而水土保持技術規範 (2020) 第 23 條指出：「山坡地坡度係指一坵塊土地之平均傾斜比」。本研究坡度亦以此定義，其計算方式係以 DEM 資料利用 ArcGIS 軟體輔助計算集水區 5m 網格之平均傾斜比。ArcGIS 預設坡度計算係採用「坵塊法」，為水土保持技術規範 (2020) 內容許方法之一 (另一為等高線法)。如圖 3-13 所示，研究區以 10° 為級距分析各網格之坡度值，所得數值可為度數($^{\circ}$)或是百分比型式(%)。

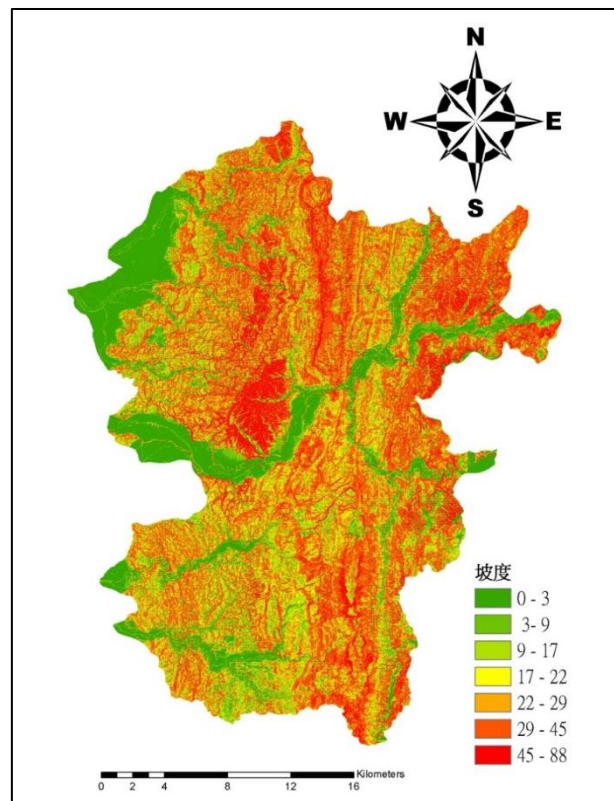


圖 3-13 坡度圖(以研究區域為例)

四、土地利用資料

為探討集水區流域內坡地潛在之自然崩塌，須刪除無崩塌潛勢區域或經人為擾動之非自然崩塌區域；前者如河流、河道、湖泊等，後者如建物、農地、利用地等。尤其是後者區域於崩塌地判釋時，在崩塌地、河谷、建地

的光譜值會相當接近，造成影像判釋上容易混淆與誤判。本研究採用內政部國土測繪中心所繪製 95 年土地利用調查圖資，濾除 921 地震時期無崩塌潛勢或非自然崩塌區域。

五、順向坡資料

順向坡是與岩層面或其他規則而具延續性之不連續面大致同向之坡面，在地質上表示一個坡面的沈積堆疊方向，因其地層走向與坡面相同，地勢影響下較逆向坡容易發生崩塌，在防災工程中屬危險山坡，必須要嚴謹處理。在台灣過去的災例中，1997 年 8 月的林肯大郡災變、2009 年 8 月的小林村災變以及 2010 年 4 月的福爾摩沙高速公路崩塌災變，皆是順向坡地滑崩塌所造成。順向坡的崩塌大多半隨著地滑機制呈現，因此對於地震而言，順向坡地勢更容易產生崩塌，而順向坡地勢因地質條件的不同，有些非常容易崩塌，輕微的振動可能就會造成崩塌，因此也更難評估。本研究針對順向坡資料，蒐集中央地質調查所已公布的順向坡調查資料，作為本研究坡向敏感因子資料選取的參考依據，如圖 3-14 所示。

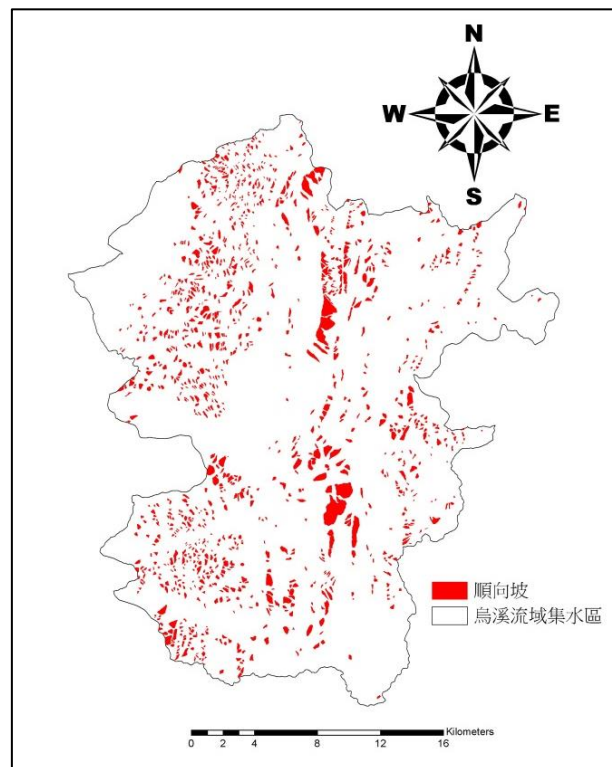


圖 3-14 順向坡分布圖 (以研究區域為例)

第五節 崩塌評估坡面之分類

一、坡面之地質分類 (G)

地質因子採用李錫堤教授之分類，依照網格法計算以佔較多面積的分類為依據分出兩種類別，site class B 為堅硬且脆性的岩石為地質分級一、site class C 為密集的土壤和軟岩為地質分級二。以研究區為例，地質分類完成之崩塌地統計如表 3-7 和圖 3-15 所示。

表 3-7 地質分類統計 (以研究區域為例)

級序	地質	坡面數	崩塌地		非崩塌地		崩塌比
			個數	%	個數	%	
G1	Site B	1,039	125	12.03%	914	88%	12.03%
G2	Site C	5,294	896	16.92%	4,398	83%	16.92%
總和		6,333	1,021	100.00%	5,312	100.00%	16.12%

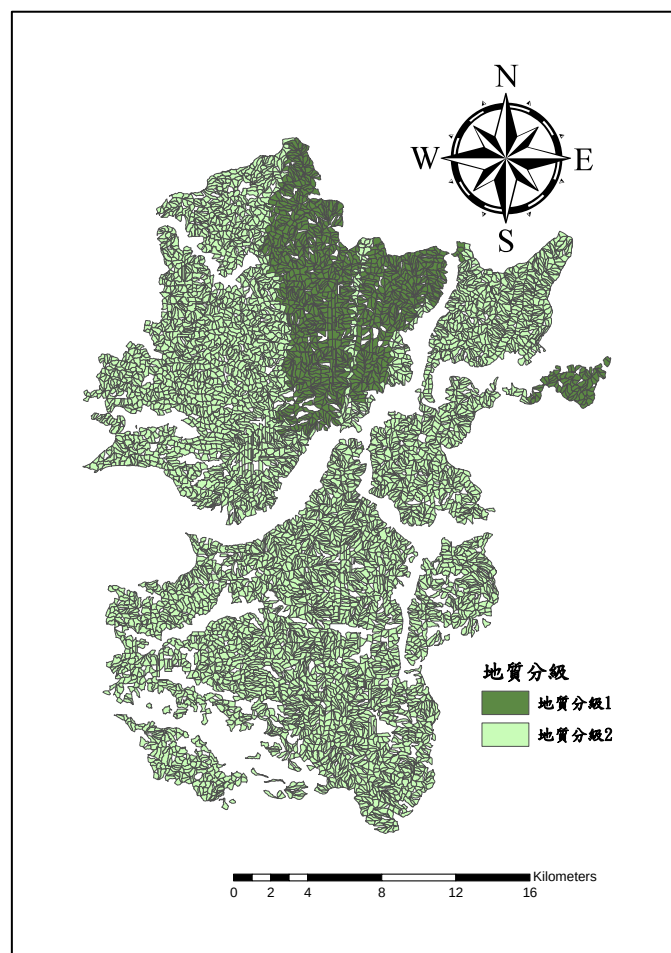


圖 3-15 坡面單元地質分類 (以研究區域為例)

二、坡面之坡向敏感因子 (A)

由於坡面崩塌受地震波方向的影響極大，震波衝擊的方向是否與坡面呈正向或平行關係影響是否容易崩塌，因此本研究考慮坡面法線方向與地震波方向（波向）的關係，如圖 3-16，將坡向敏感因子分為弱面與強面兩類。弱面 (A1) 表示該坡面法線方向與震波方向平行或接近平行利於崩塌狀態，強面 (A2) 表示該坡面法線方向與震波方向垂直或接近垂直的不利崩塌的狀態，此即坡向敏感因子。

為簡化分類過程，本研究假定地震可能發生在斷層面上的任一處，即任一處之地震波係沿著斷層線任一點切線向外傳遞（即線斷層模式），因此地震發生後任一個坡面單元受衝擊的震波方向，即可定義為坡面形心距斷層線的最短距離所指的方向，稱之為震波方位角。其次，再以坡面單元最高點至最低點的反函數計算出坡面方位角，此坡面方位角和震波方位角所夾的角度越小則越有利於崩塌，也就是傾向於弱面的情況。如圖 3-17 所示，本研究以 30° 為強面與弱面之分界評估某坡面單元之坡向敏感分類，也就是當所夾角度為 $-30^\circ \sim 30^\circ$ 以及 $150^\circ \sim 210^\circ$ 時定義為弱面。此外，本研究考慮順向坡的影響，當坡面為順向坡時則保守地直接定義為弱面。以研究區為例，坡向敏感因子分類完成之崩塌地統計如表 3-8 和圖 3-18 所示。

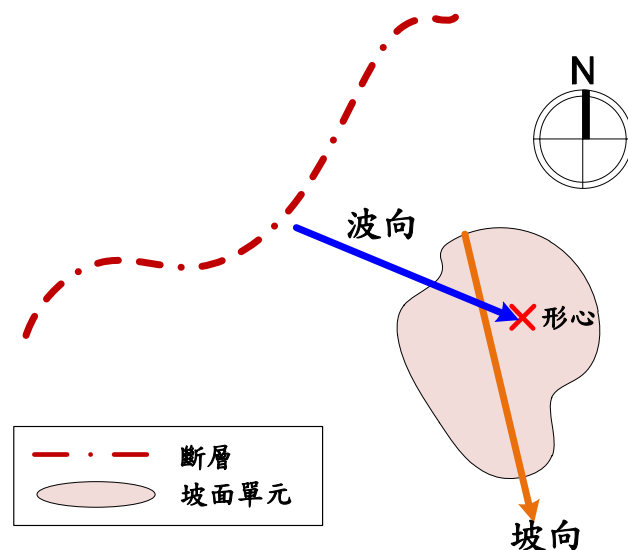


圖 3-16 坡面方位角和震波方位角的關係

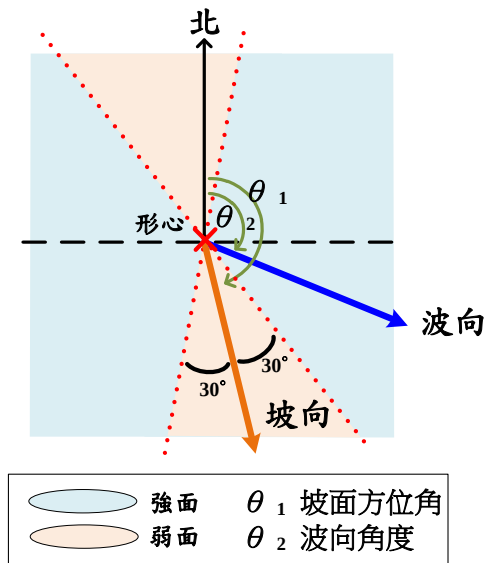


圖 3-17 坡向敏感因子定義

表 3-8 坡向分類統計 (以研究區域為例)

級序	坡向	坡面數	崩塌地		非崩塌地		崩塌比
			個數	%	個數	%	
A1	強面	3,188	492	48.19%	2,696	50.75%	15.43%
A2	弱面	3,145	529	51.81%	2,616	49.25%	16.82%
總和		6,333	1,021	100.00%	5,312	100.00%	16.12%

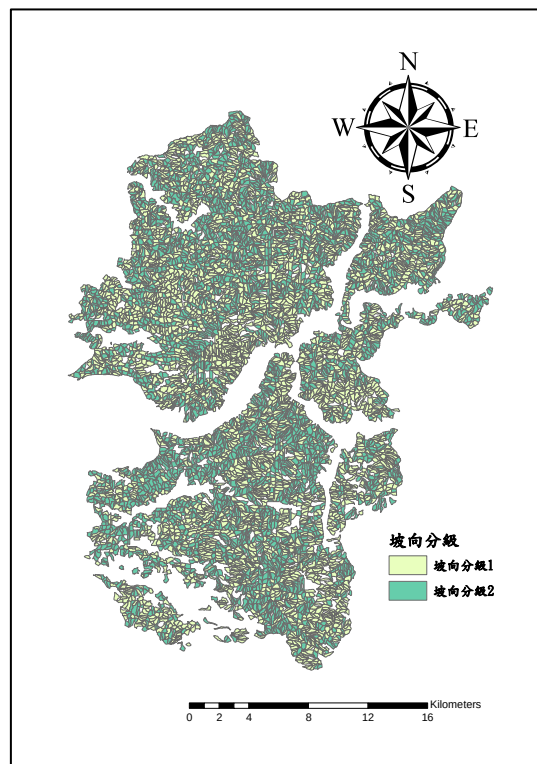


圖 3-18 坡面單元坡向分類 (以研究區域為例)

三、坡面之坡度分級 (S)

坡面單元的坡度分級參考水土保持技術規範 (2020) 坡度分級定義，將坡度自五級坡之上下界簡化為三個分類，定義為 S1 (緩坡)、S2 (中坡) 以及 S3 (陡坡)，如表 3-9 所示。坡面單元採用坡面斜率法來計算坡面單元坡度，計算方式是以坡面單元最高點至最低點的高程差作為坡高，及最高點至最低點水平投影下的水平距離作為坡長，計算該坡面單元之斜率即求得坡度分級。以研究區為例，坡度分類完成之崩塌地統計如圖 3-19 所示。

表 3-9 坡度分類統計(以研究區域為例)

級序	坡度	坡面數	崩塌地		非崩塌地		崩塌比
			個數	%	個數	%	
S1	三、四級坡	3,605	570	55.83%	3,035	57.13%	15.81%
S2	五級坡	1,400	212	20.76%	1,188	22.36%	15.14%
S3	六、七級坡	1,328	239	23.41%	1,089	20.50%	18.00%
總和		6,333	1,021	100.00%	5,312	100.00%	16.12%

註：一、二級坡在網格資料庫中已刪除，但坡面單元計算仍可能有三級坡坡度值。

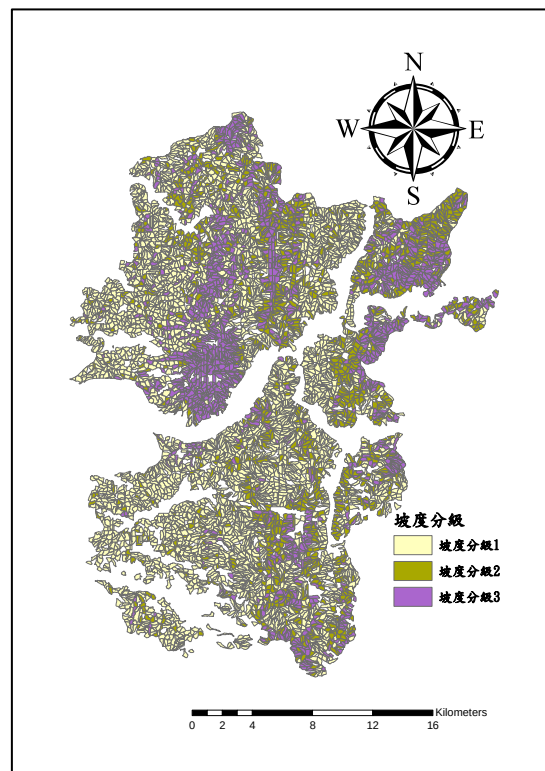


圖 3-19 坡面單元坡度分類 (以研究區域為例)

四、坡面單元崩塌定義

坡地易損性曲線係描述單一坡面單元在某震度下之崩塌機率，換句話說，就是不論坡面單元的實際大小，以崩塌機率的方式表達某坡面單元的崩塌可能性，因此首先必須探討此可能性所表示的物理意涵。以統計而言，崩塌機率所描述的是某個崩塌狀態發生的可能性，也就是必須針對坡面定義某種崩塌狀態是否發生，再根據定義進行機率分析，通常對崩塌現象而言最簡單直接的作法，是以訂定崩塌門檻值作為某種崩塌狀態，因此採取合理的崩塌定義與程度即相當重要。此外，以衛星影像判釋崩塌地實際上並不能考慮地形與深度的影響，因此必要考慮崩塌量體和崩塌表面積的相關性，並將判釋所得的崩塌水平投影與實際崩塌量體之關係量化修正。這個修正概念在過去已有許多研究者針對崩塌斜面積、體積與深度的關係作過相關研究(經濟部水利署，2006, 2010, 2011)。

過去研究結果顯示，理論上崩塌深度與坡度具有一定相關性，因此崩塌地斜面積、崩塌體積與深度亦有關係，理論上若崩塌體積與斜面積關係式成立，就可以進一步利用崩塌體積推算不同坡度下之崩塌斜面積，再計算崩塌水平投影面積，這也就是影像判釋所得之近似崩塌面積。也就是說，同樣可經由推估的方法，由崩塌水平投影面積及坡度進一步推估可能的斜面積與體積。然而，由於地層條件的不穩定性，要藉由崩塌深度推估適於任意坡地的關係式是相當困難的，這也是崩塌現象具有高度不確定性的原因。因此，通常的作法是藉由過去的經驗以相對定性的方式建立坡度與深度相關性(例如 Khazai and Sitar, 2000、國家災害防救科技中心，2004)。

根據上述，本研究針對坡面單元之崩塌定義，參考水利署曾於 2010 至 2011 年間發表之「氣候變遷下台灣南部河川流域土砂處理對策研究-以高屏溪為例」，該計畫針對高屏溪流域以野外量測之崩塌地斜面積與產砂量迴歸崩塌體積與斜面積關係式，由於是經驗公式，因此將深度因子消除，得到：

$$V = 0.2 \times A^{1.3} \quad (3-26)$$

式中 V 為崩塌體積 (立方公尺)； A 為崩塌斜面積 (平方公尺)；相關係數為 0.84。

本研究利用式(3-26) 推估崩塌體積期望值下產生之崩塌斜面積，再由已知坡度計算可能的崩塌水平投影面積。因此將坡面單元的崩塌狀態，參考該計畫所調查崩塌地中，屬中高嚴重程度崩塌地之平均崩塌體積約 $V=5,692$ 立方公尺來估算，將崩塌體積期望值概取整數為 $V=6,000$ 立方公尺，藉由反推崩塌斜面積並估計不同坡度分類下的崩塌水平投影面積門檻。在 $S1 \sim S3$ 的坡度分類下，各類坡度取平均值計算可能的崩塌水平投影面積，並結合崩塌率(崩塌水平投影面積/坡面單元水平投影面積)和判識所得之崩塌水平投影面積以試誤法得到較佳門檻值組合，定義如下：

1. $S1$ 類坡度：坡面單元崩塌率達 5%，或崩塌水平投影面積達 0.28 ha 者為崩塌 (7 個網格以上)；其餘為未發生崩塌。
2. $S2$ 類坡度：坡面單元崩塌率達 5%，或崩塌水平投影面積達 0.24 ha 者判定坡面單元為崩塌 (6 個網格以上)；其餘為未發生崩塌。
3. $S3$ 類坡度：坡面單元崩塌率達 5%，或崩塌水平投影面積達 0.22 ha 者判定坡面單元為崩塌 (5 個網格以上)；其餘為未發生崩塌。

上述崩塌率 5% 門檻值的設定，主要是考量當坡面單元過小時，僅考慮崩塌水平投影面積可能無法定義崩塌坡面的情形，例如當坡面單元 3ha 時，5% 的崩塌率約僅 4 個網格。經反覆試算，本研究採用的坡面單元崩塌定義與狀態具有較佳的分析結果，也能夠合理地修正影像判釋為水平投影面積的不足。

第六節 雙指標坡地易損性曲線

本研究利用前述 921 地震崩塌資料以坡地易損性分析方法進行各類型坡地之易損性分析。根據前述因子定義之分類將坡面環境因子分類屬性賦予固定編碼以顯示其環境特徵，分別建立 G(地質)、A(坡向敏感)、S(坡度)之編號順序組合，其中包括地質二類、坡向敏感二類以及坡度三類，共計 12 種類型坡地組合。

依據本章第二節所述震度分級表篩選高震度區（六弱級以上）之資料，其中包括每個坡面在 921 地震中之 PGA 及 PGV 震度值，以及該坡面是否發生崩塌（有崩為 1，未崩為 0），各類坡地之崩塌致災資料數量如表 3-10 所示，經由易損性分析各類坡地即可根據崩塌致災資料求解其中位數及標準差等易損性參數。以 PGA 為致災因子分析所得之坡地易損性參數結果如表 3-10 所示。各類坡地易損性曲線如圖 3-20 至圖 3-31 所示。根據機率曲線對應的 PGA 關係，可計算該類坡地在某 PGA 震度下的崩塌機率，估計地震下之崩塌可能性。

表 3-10 以 PGA 為致災因子之 12 類坡地易損性參數表

分類編號	數量	中位數	標準差	適用範圍(cm/s^2)	
G1A1S1	261	0.952	0.681	250.00	474.48
G1A1S2	131	0.771	0.581	250.00	476.34
G1A1S3	116	0.683	0.498	250.00	480.94
G1A2S1	262	1.035	0.734	250.00	473.17
G1A2S2	67	0.878	0.662	250.00	462.68
G1A2S3	63	0.789	0.598	250.00	484.24
G2A1S1	1498	0.496	0.128	250.00	592.74
G2A1S2	553	0.482	0.118	250.00	573.98
G2A1S3	552	0.486	0.112	250.00	558.90
G2A2S1	1354	0.525	0.164	250.00	601.62
G2A2S2	474	0.521	0.152	250.00	595.41
G2A2S3	543	0.518	0.139	250.00	585.77

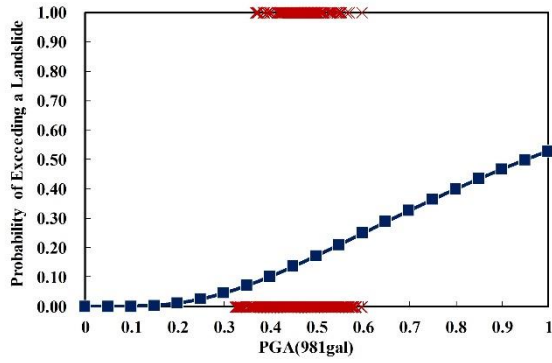


圖 3-20 G1A1S1 易損性曲線(PGA)

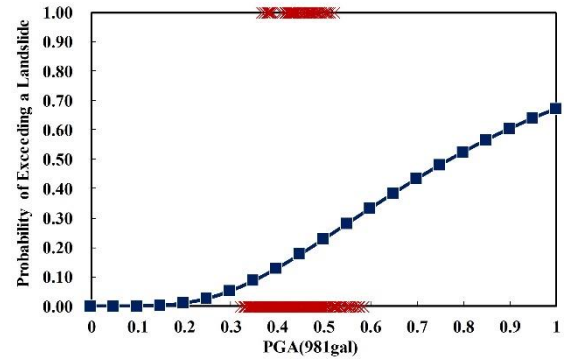


圖 3-21 G1A1S2 易損性曲線(PGA)

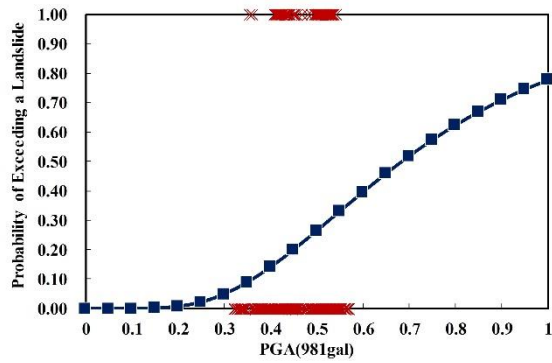


圖 3-22 G1A1S3 易損性曲線(PGA)

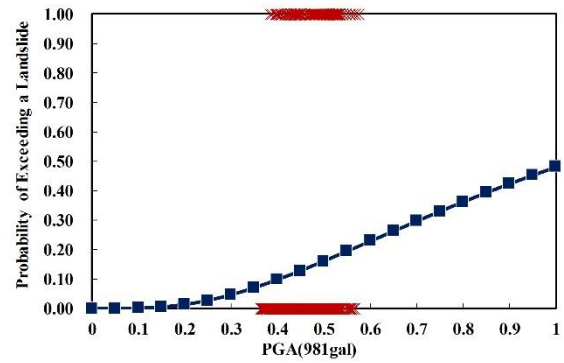


圖 3-23 G1A2S1 易損性曲線(PGA)

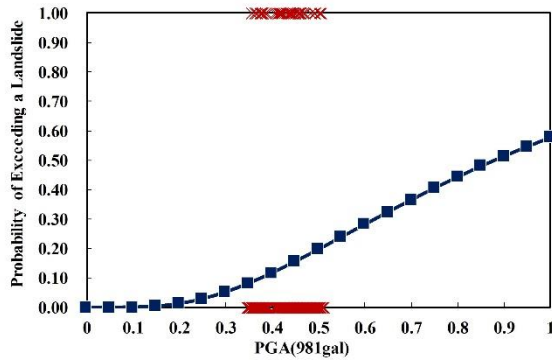


圖 3-24 G1A2S2 易損性曲線(PGA)

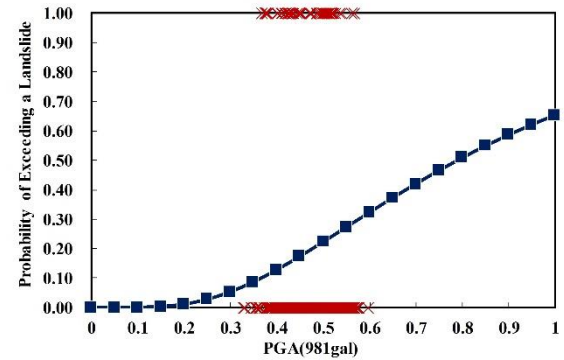


圖 3-25 G1A2S3 易損性曲線(PGA)

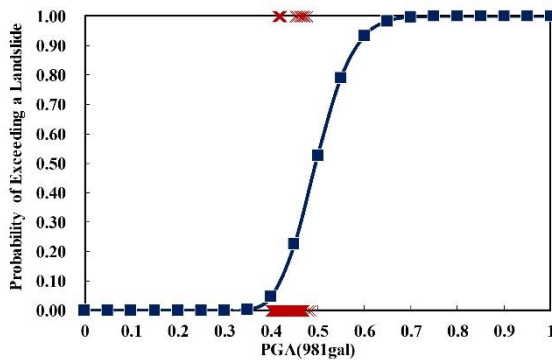


圖 3-26 G2A1S1 易損性曲線(PGA)

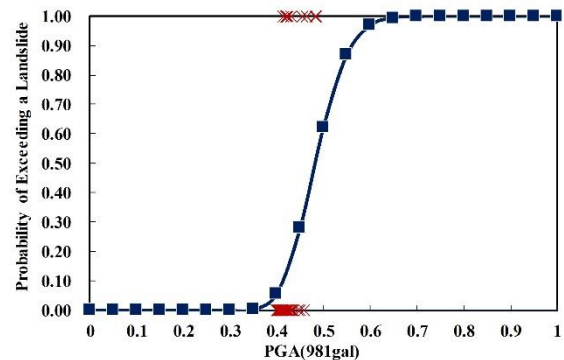


圖 3-27 G2A1S2 易損性曲線(PGA)

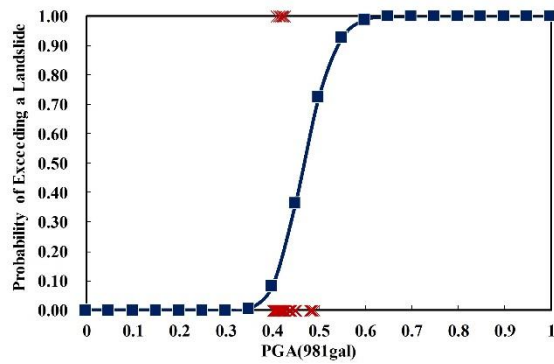


圖 3-28 G2A1S3 易損性曲線(PGA)

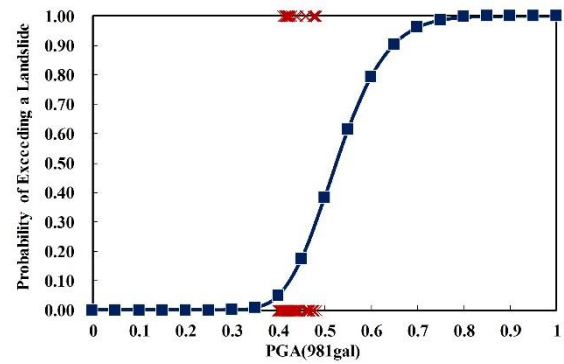


圖 3-29 G2A2S1 易損性曲線(PGA)

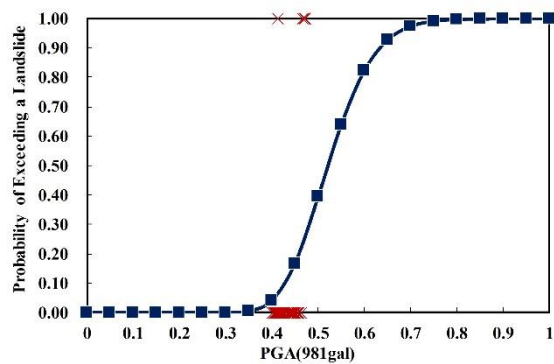


圖 3-30 G2A2S2 易損性曲線(PGA)

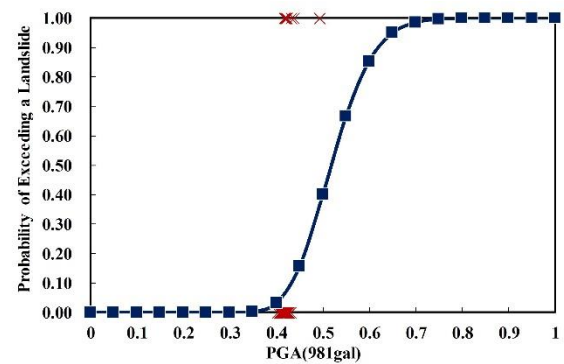


圖 3-31 G2A2S3 易損性曲線(PGA)

表 3-11 以 PGV 為致災因子之 12 類坡地易損性參數表

分類編號	數量	中位數	標準差	適用範圍(cm/s)	
G1A1S1	261	0.836	0.644	50.00	88.75
G1A1S2	131	0.700	0.559	50.00	94.73
G1A1S3	116	0.573	0.487	50.00	101.50
G1A2S1	262	1.061	0.750	50.00	88.51
G1A2S2	67	0.926	0.686	50.00	92.02
G1A2S3	63	0.855	0.629	50.00	102.20
G2A1S1	1498	0.431	0.120	50.00	108.59
G2A1S2	553	0.418	0.111	50.00	111.87
G2A1S3	552	0.406	0.105	50.00	115.67
G2A2S1	1354	0.456	0.154	50.00	110.21
G2A2S2	474	0.452	0.143	50.00	116.04
G2A2S3	543	0.450	0.131	50.00	121.23

在 PGV 方面，分析所得之坡地易損性參數結果如表 3-11 所示。各類坡地易損性曲線如圖 3-32 至圖 3-43 所示。根據機率曲線對應的 PGV 關係，可計算該類坡地在某 PGV 震度下的崩塌機率，估計地震下之崩塌可能性。

上述表現 PGA 或 PGV 二種物理量引致崩塌的各別機率，由於二者為時間積分關係，因此瞬間的震度延時會有很大的影響；也就是說，在某時間域較高的 PGA 若僅是在極短的時間內出現，經過時間積分後不一定是較高的 PGV；反之，較高的 PGV 不一定會產生於較高的 PGA 時間域，這也表示 PGA 或 PGV 之易損性曲線並不會一致。目前研究多認為地震延時可能對災害的發生相較加速度更為重要，易因累積足夠的動量而導致災害發生，這也是中央氣象局將高震度區改以 PGV 定義的主因，因此可以預期在同場地震事件中，若以 PGA 為致災因子所得之崩塌易損評估結果，相較於 PGV 為致災因子所得結果會較保守，也就是崩塌機率和崩塌量估計會較高。

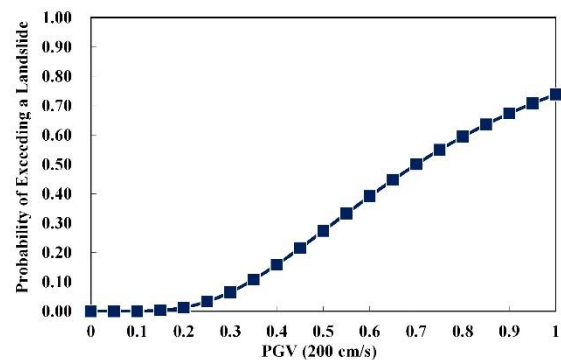
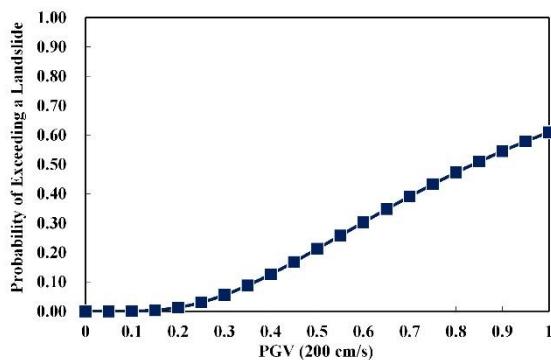


圖 3-32 G1A1S1 易損性曲線 (PGV) 圖 3-33 G1A1S2 易損性曲線 (PGV)

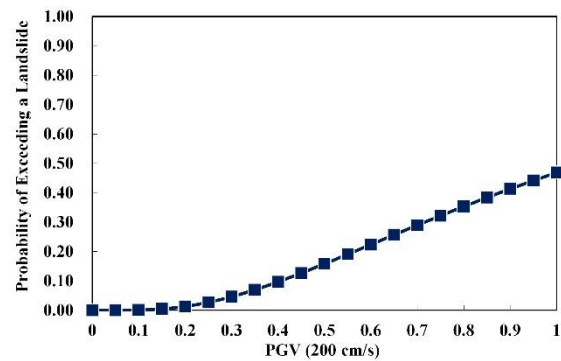
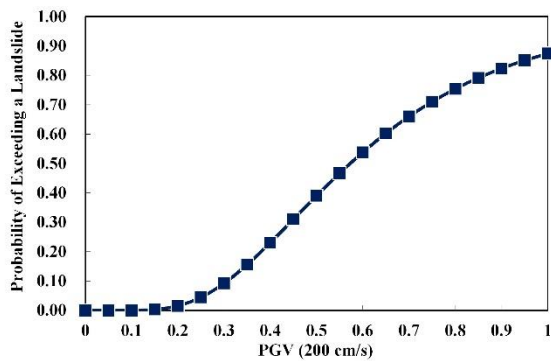


圖 3-34 G1A1S3 易損性曲線 (PGV) 圖 3-35 G1A2S1 易損性曲線 (PGV)

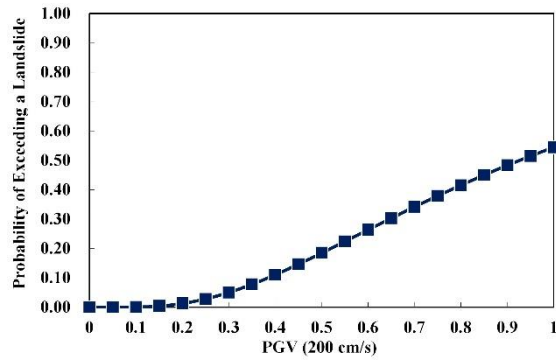


圖 3-36 G1A2S2 易損性曲線 (PGV)

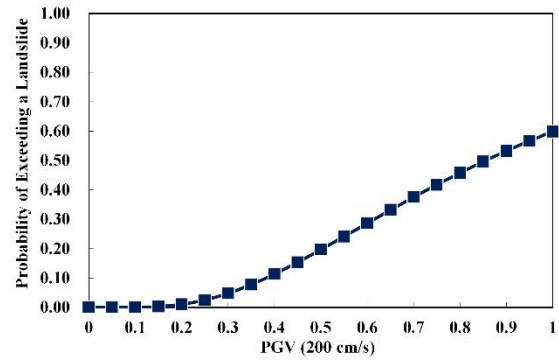


圖 3-37 G1A2S3 易損性曲線 (PGV)

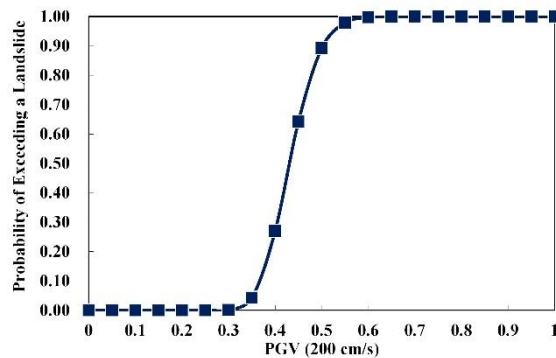


圖 3-38 G2A1S1 易損性曲線 (PGV)

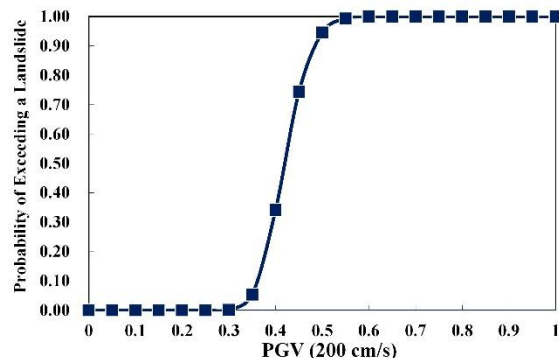


圖 3-39 G2A1S2 易損性曲線 (PGV)

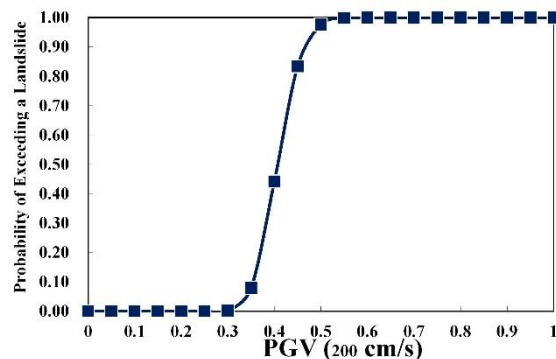


圖 3-40 G2A1S3 易損性曲線 (PGV)

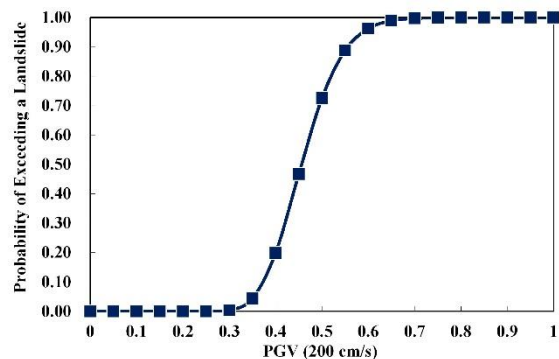


圖 3-41 G2A2S1 易損性曲線 (PGV)

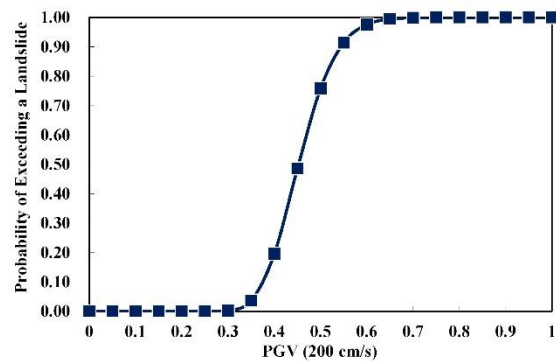


圖 3-42 G2A2S2 易損性曲線 (PGV)

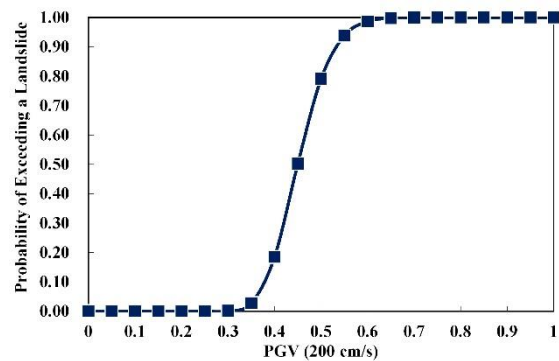


圖 3-43 G2A2S3 易損性曲線 (PGV)

第四章 全台防護斷層選定及震源分區細化精進

第一節 震源分區資料庫細化

當地震發生後，坡面根據其不同的坡地屬性而有不同的崩塌可能性。而在本評估模式中，由於坡向敏感因子的類型受地震波來源方向影響，使得進行震後崩塌評估時不同震源位置計算之坡地分類亦不相同，但若每次地震皆需重新進行坡地分類，將大幅降低震後坡地崩塌早期評估的效率。

因此，為了提升地震早期評估的效率，在前期計畫中發展了區域震源模式 (Regional Model)，參考中央地質調查所公布之活動斷層分布和台灣地震模型團隊 (TEM) 之構造斷層分布，將全台劃分為北中南東四個主要防護區域，並完成較大範圍之震源分區資料庫建置，包括北部山腳斷層、中部車籠埔斷層、南部九芎坑斷層以及東部花東縱谷斷層，如圖 4-1 所示。因此當啟動震後坡地崩塌早期評估時，則根據震央位置確定所屬震源分區後，再以此震源分區之坡地崩塌評估資料庫進行震後早期評估，以提升地震早期評估的效率。優點是當地震發生後，利用震源分區資料庫可快速進行坡地分類資料庫調用，藉此提升評估效率；缺點是較大區域的震源分區資料庫為基礎，崩塌評估結果必然會產生一定程度的誤差，因此即有必要進一步細化精進。

在震源分區細化的工作中，本計畫進一步發展防護斷層模式 (Defence Fault Model)，防護斷層模式係以斷層作為數個集水區之防護對象，並分別評估建置每條防護斷層之震源分區資料庫，再整併為全台之坡地崩塌評估資料庫。也就是說，在進行地震早期評估時無需再如區域震源模式般調用不同北中南東區域之資料庫，而僅需使用一個資料庫即可。此外，由於實際地震中高震度區域其實範圍並不大，因此以斷層作為集水區之防護對象，不僅可藉此提升評估效率，亦可更準確的將未知斷層地震鎖定在一定範圍內，雖然仍會產生一定之誤差，但相較區域震源模式將可更為快速且準確。

第二節 全台活動斷層分布

防護斷層模式首要考慮未來可能發生的地震是與既有活動斷層是高度相關的，因此活動斷層的位置必需優先考慮，目前中央地質調查所已公布 2021 版最新活動斷層分布，活動斷層帶由原本 33 條增加達 36 條，如圖 4-2 所示。由於這些斷層皆可能具有地動潛勢，因此必須優先考慮。然而活動斷層雖具有地動潛勢，但其於未來某個活動週期內之最大可能地震規模和發生機率卻會因斷層活動歷史和週期特性不同而有相當之差異。此外，由本研究過去之坡地崩塌評估分析經驗可知，震後誘發之坡地崩塌需有一定程度之地表震動強度才會發生，因此地震規模不大之地震，未必會形成達到門檻值之高震度區域，即無法誘發坡地崩塌評估，這也表示並非每條活動斷層都需要考慮為防護斷層。

目前台灣地震模型團隊 (TEM) 已完成 2021 年新版之地震危害度分析，如圖 4-3 所示，新版之地震危害度分析係以 44 條構造斷層進行分析，而非中央地質調查所公布之 36 條活動斷層帶，地震危害度分析顯示各構造斷層在 50 年再現期下具有不同之最大可能地震規模和發生機率，由圖中可知各斷層最大可能地震規模差異極大，而地震規模將直接影響地表震動強度大小，也將影響坡地崩塌評估結果。本計畫對於防護斷層模式所考慮的活動斷層，係以中央地質調查所公布活動斷層分布為主，而台灣地震模型團隊 (TEM) 之地震危害度分析成果則用於防護斷層篩選之參考。

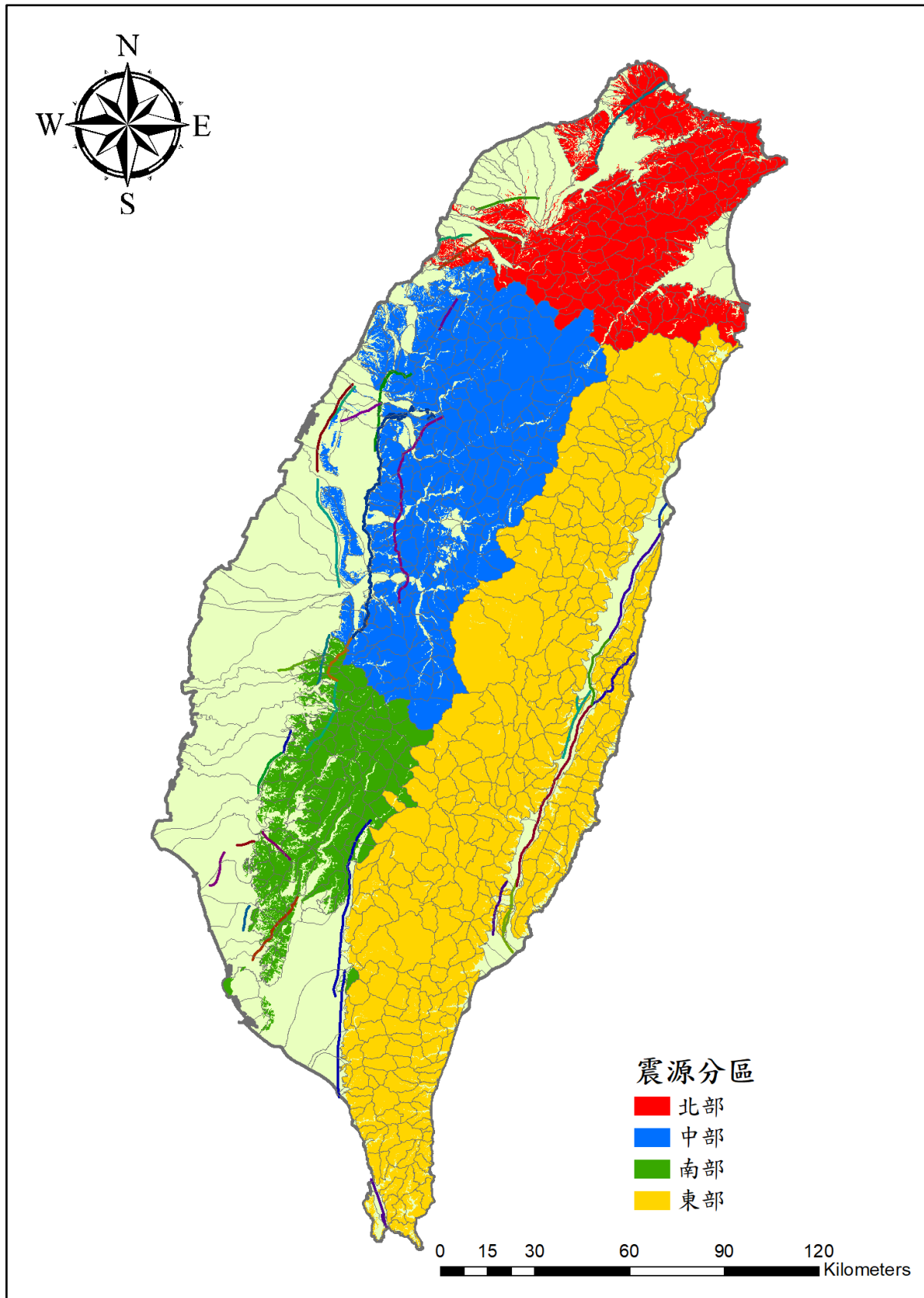


圖 4-1 區域震源模式之震源分區

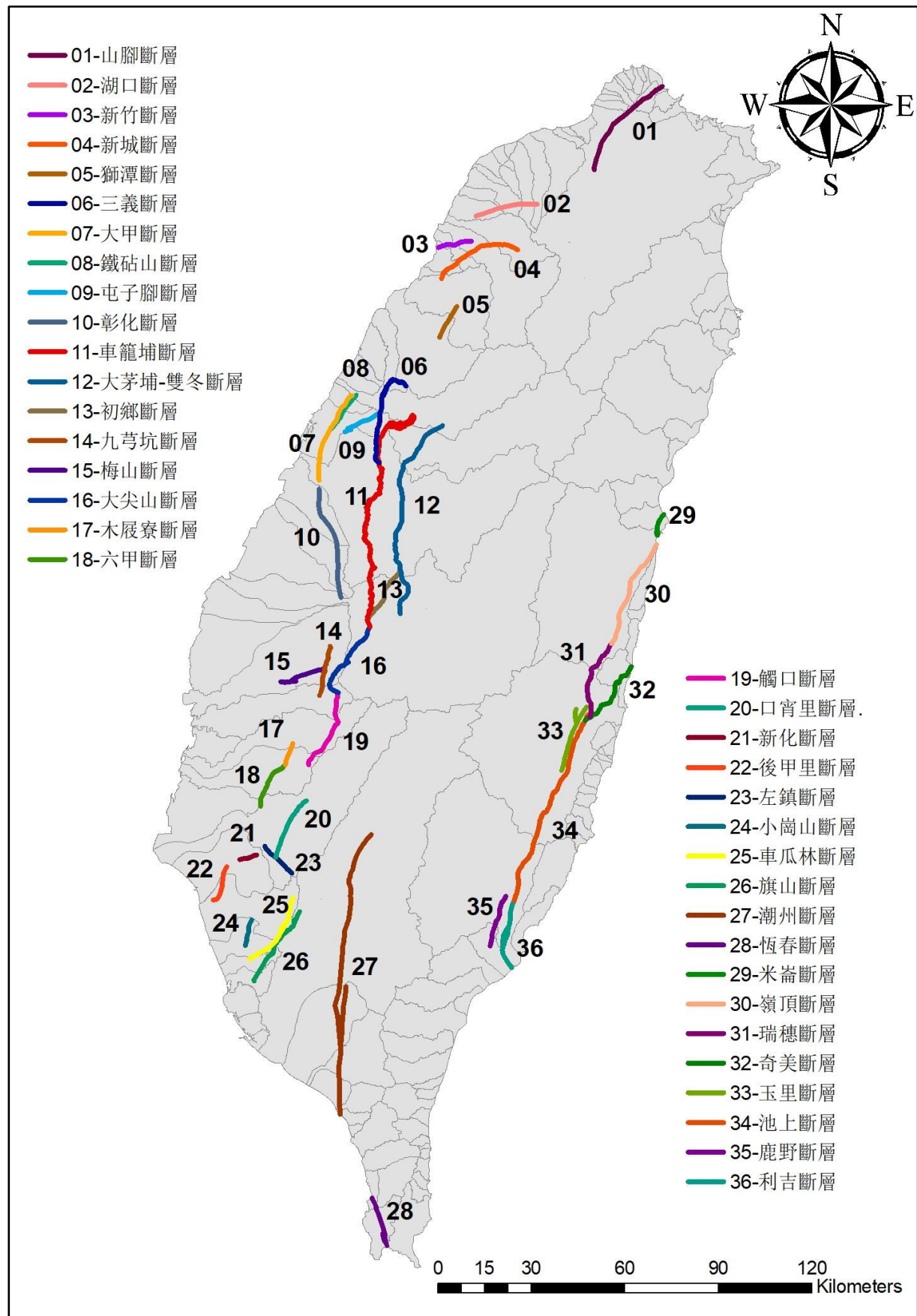


圖 4-2 台灣活動斷層分布 (2021 年版)



資料來源：國立中央大學地震災害鍊風險評估與管理研究中心 (2021)

圖 4-3 未來 50 年台灣孕震構造發震機率 (TEM 2021)

第三節 各河川流域防護斷層選擇及震源分區

震源分區細化的目的在於提升坡地崩塌早期評估之效率與精度，然而由於台灣斷層帶密集，因此若以活動斷層帶為標的建置各河川流域之崩塌評估基礎資料庫將會有大量重複且無效益的資料庫產生，僅在斷層帶附近的資料才有顯著的差別。基於此，本計畫以各河川流域為標的，設定各河川流域之防護斷層再建置其崩塌評估基礎資料庫，如此不僅可細化坡地崩塌評估基礎資料庫，對於震後坡地崩塌早期評估之精度與效益亦將有效提升。

各河川流域之防護斷層選擇首先可直觀地以跨越或鄰近斷層做為初選條件，並再適當考慮其地震特性、最大可能規模、地表震度大小、發生機率、集水區類型等做為備選的評估條件，以此綜合評估斷層對河川流域的風險。由於目前中央地質調查所 (CGS) 公布之 36 條活斷層與台灣地震模型 (TEM) 之 44 條活斷層名稱與劃分並不一致，如表 4-1 所示。在本計畫中防護斷層之選擇則主要以中央地調所公布之活動斷層帶為主，而當中央地調所地震危害度分析資料不足時，則參考台灣地震模型之構造地震危害度分析成果，以利進行防護斷層選定。本計畫考慮各斷層可能危害度因子，給予不同權重以評分法進行各河川流域防護斷層評價，最終擇一為最適之防護斷層。

選擇的危害因子根據可蒐集調查之代表性資料和前人研究成果進行分析，具體分為斷層物性因子與特徵因子，物性因子包括集水區與斷層距離、斷層走向、斷層長度等基本因子，特徵因子係經由進一步研究分析所得之斷層特徵，包括最大可能規模、未來 50 年發生規模 6.5 以上機率、未來 50 年台灣孕震構造之發震機率、未來 50 年地表震度 PGA 分布等七項因子，如表 4-2 所示。

各危害因子依據其重要性給予不同的權重及項目評分，權重依因子特性予以綜合評價，例如物性因子屬較客觀之因子，其特性不變且直接顯示斷

層之危害性，因此給予其較高權重，分別為集水區與斷層距離佔比 35%、斷層走向（順逆斷層）佔比 15%、斷層長度（與地震規模直接相關）稍低佔比 12%，物性因子合計為 62%。特徵因子為前人研究中以各種理論和假定分析之成果，研究主體不同且具不確定性，因此屬較主觀之因子給予較低權重，其中最大可能規模為中央氣象局所公布，給予與斷層長度相同之佔比 12%。未來 50 年地震危害度相關研究成果為 TEM2021 所公布，分別為未來 50 年發生規模 6.5 以上機率佔比 10%、未來 50 年台灣孕震構造之發震機率佔比 10%、未來 50 年地表震度 PGA 分布稍低佔比 6%，特徵因子合計為 38%。

各河川流域防護斷層初選結果如表 4-3 所示，各河川流域之防護斷層最終評價結果參見附錄一。由表中可知，雖然全台河川流域達到 136 個，但許多比鄰流域之防護斷層是相同的，這是由於危害較高之斷層在鄰近河川流域自然也具較高風險，因此比鄰之河川流域選出之防護斷層基本具一致性，所以實際上需建置之崩塌評估基礎資料庫即可減少許多，最終自然形成之防護斷層為 20 條活斷層，如此即有助於降低需要建置之資料庫數量，又能夠突顯區域斷層的重要性，提升崩塌評估之精度。此外，相同防護斷層之集水區可自然形成各防護斷層之震源分區範圍，如圖 4-4 所示即為細化之震源分區。

表 4-1 台灣地震模型(TEM 2021)與 CGS 之斷層帶對照表

編號	TEM 斷層構造名稱	CGS 斷層名稱對照
01	山腳斷層	01 山腳斷層
02	雙連坡構造	
03	楊梅構造	
04	湖口斷層	02 湖口斷層
05	鳳山溪走向滑移構造	
06	新竹斷層	03 新竹斷層
07	新城斷層	04 新城斷層
08	新竹前緣構造	
09	斗煥坪構造	
10	苗栗前緣構造	
11	銅鑼構造	
12	東苗栗構造	
13	獅潭斷層	05 獅潭斷層
14	三義斷層	06 三義斷層
15	屯子腳斷層	09 屯子腳斷層
16	彰化斷層	10 彰化斷層
17	車籠埔斷層	11 車籠埔斷層
18	大茅埔—雙冬斷層	12 大茅埔—雙冬斷層
19	九芎坑斷層	14 九芎坑斷層
20	梅山斷層	15 梅山斷層
21	嘉義前緣構造	
22	木屐寮—六甲斷層	17 木屐寮斷層；18 六甲斷層
23	中洲構造	
24	新化斷層	21 新化斷層
25	後甲里斷層	22 後甲里斷層
26	旗山斷層	26 旗山斷層
27	小崗山斷層	24 小崗山斷層
28	高屏溪構造	
29	潮州斷層	27 潮州斷層
30	恆春斷層	28 恆春斷層
31	恆春外海構造	
32	米崙斷層	29 米崙斷層
33	花東縱谷斷層	30 嶺頂；31 瑞穗；34 池上；36 利吉斷層
34	中央山脈構造	
35	鹿野斷層	35 鹿野斷層
36	太麻里海岸構造	
37	北宜蘭構造	

38	南宜蘭構造	
39	初鄉構造	
40	古坑構造	
41	台南前緣構造	
42	龍船構造	
43	右昌構造	
44	鳳山丘陵前緣構造	

資料來源：本研究整理

註：中央地調所公告之 07 大甲斷層、08 鐵砧山斷層、13 初鄉斷層、16 大尖山斷層、19 觸口斷層、20 口宵里斷層、23 左鎮斷層、25 車瓜林斷層、32 奇美斷層、33 玉里斷層等斷層在 TEM 中未考慮。

表 4-2 防護斷層危害因子評分體系

編號	因子	評分級	權重
A	集水區與斷層距離 (km)	集水區內	35
		0 ~ 5	25
		5 ~ 15	15
		15 ~ 30	5
		30 以上	0
B	斷層走向	逆斷層	15
		正斷層	10
		平移斷層	10
C	長度 (km)	50 以上	12
		30 ~ 50	8
		30 以下	4
D	最大可能規模 (依 CGS 公布)	7.0 以上	12
		6.5 ~ 7.0	8
		6.5 以下	4
E	未來 50 年發生規模 6.5 以上機率(%)	40 以上	10
		10 ~ 40	6
		1 ~ 10	3
		小於 1	0
F	未來 50 年台灣孕震構造之發震機率(%)	40 以上	10
		10 ~ 40	6
		1 ~ 10	3
		小於 1	0
G	未來 50 年地表震度 PGA 分布(gal)	800 以上	6
		440 ~ 800	4
		250 ~ 440	2
		250 以下	0

資料來源：本研究整理

表 4-3 各河川流域之初選斷層

編號	河川流域名稱	初選斷層
01	磺溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
02	小坑溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
03	乾華溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
04	石門溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
05	老梅溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
06	楓林溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
07	埔坪溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
08	八蓮溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
09	大屯溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
10	後州溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
11	興仁溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
12	林子溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
13	淡水河	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
14	水仙溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
15	寶斗溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
16	林口溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
17	南崁溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
18	埔心溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
19	老街溪	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
20	富林溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
21	大堀溪	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
22	觀音溪	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
23	新屋溪	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
24	社子溪	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
25	福興溪排水	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
26	新豐溪	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
27	鳳山溪	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
28	頭前溪	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
29	客雅溪排水	02 湖口斷層、03 新竹斷層、04 新城斷層
30	鹽港溪排水	03 新竹斷層、04 新城斷層、05 獅潭斷層
31	新港溪	03 新竹斷層、04 新城斷層、05 獅潭斷層
32	中港溪	03 新竹斷層、04 新城斷層、05 獅潭斷層
33	後龍溪	05 獅潭斷層、06 三義斷層、11 車籠埔斷層
34	西湖溪	06 三義斷層、09 屯子腳斷層、11 車籠埔斷層
35	通霄溪	06 三義斷層、08 鐵砧山斷層、07 大甲斷層
36	苑裡溪	06 三義斷層、08 鐵砧山斷層、07 大甲斷層
37	房裡溪	06 三義斷層、08 鐵砧山斷層、07 大甲斷層

38	大安溪	06 三義斷層、07 大甲斷層、08 鐵砧山斷層、09 屯子腳斷層、11 車籠埔斷層、12 大茅埔-雙冬斷層
39	溫寮溪	07 大甲斷層、08 鐵砧山斷層、09 屯子腳斷層
40	大甲溪	06 三義斷層、07 大甲斷層、08 鐵砧山斷層、09 屯子腳斷層、11 車籠埔斷層、12 大茅埔-雙冬斷層
41	烏溪	06 三義斷層、07 大甲斷層、09 屯子腳斷層、11 車籠埔斷層、12 大茅埔-雙冬斷層、13 初鄉斷層
42	洋仔厝溪	07 大甲斷層、10 彰化斷層、11 車籠埔斷層
43	員林大排水	10 彰化斷層、11 車籠埔斷層
44	萬興排水幹線	10 彰化斷層、13 初鄉斷層
45	濁水溪	10 彰化斷層、11 車籠埔斷層、12 大茅埔-雙冬斷層、13 初鄉斷層、16 大尖山斷層
46	新虎尾溪	10 彰化斷層、11 車籠埔斷層、13 初鄉斷層
47	舊虎尾溪	10 彰化斷層、15 梅山斷層、14 九芎坑斷層
48	北港溪	14 九芎坑斷層、15 梅山斷層、16 大尖山斷層
49	朴子溪	14 九芎坑斷層、16 大尖山斷層、19 觸口斷層
50	龍宮溪	17 木屐寮斷層、18 六甲斷層、19 觸口斷層
51	八掌溪	16 大尖山斷層、17 木屐寮斷層、19 觸口斷層
52	急水溪	17 木屐寮斷層、18 六甲斷層、19 觸口斷層
53	將軍溪排水	18 六甲斷層、20 口宵里斷層、23 左鎮斷層
54	曾文溪	18 六甲斷層、20 口宵里斷層、23 左鎮斷層
55	鹽水溪	21 新化斷層、22 後甲里斷層、23 左鎮斷層
56	二仁溪	22 後甲里斷層、25 車瓜林斷層、26 旗山斷層
57	阿公店溪	24 小崗山斷層、25 車瓜林斷層、26 旗山斷層
58	典寶溪排水	24 小崗山斷層、25 車瓜林斷層、26 旗山斷層
59	後勁溪	24 小崗山斷層、25 車瓜林斷層、26 旗山斷層
60	愛河	24 小崗山斷層、25 車瓜林斷層、26 旗山斷層
61	前鎮河	24 小崗山斷層、25 車瓜林斷層、26 旗山斷層
62	鹽水港溪	25 車瓜林斷層、26 旗山斷層、27 潮州斷層
63	高屏溪	25 車瓜林斷層、26 旗山斷層、27 潮州斷層
64	東港溪	25 車瓜林斷層、26 旗山斷層、27 潮州斷層
65	林邊溪	26 旗山斷層、27 潮州斷層、28 恆春斷層
66	北勢溪	26 旗山斷層、27 潮州斷層、28 恆春斷層
67	率芒溪	26 旗山斷層、27 潮州斷層、28 恆春斷層
68	南湖溪	26 旗山斷層、27 潮州斷層、28 恆春斷層
69	十里溪	26 旗山斷層、27 潮州斷層、28 恆春斷層
70	枋山溪	26 旗山斷層、27 潮州斷層、28 恆春斷層
71	楓港溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
72	石盤溪	26 旗山斷層、27 潮州斷層、28 恆春斷層
73	四重溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層

74	保力溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
75	港口溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
76	九棚溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
77	港子溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
78	旭海溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
79	乾溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
80	塔瓦溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
81	達仁溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
82	安朔溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
83	朝庸溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
84	大武溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
85	烏萬溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
86	津林溪	27 潮州斷層、28 恆春斷層、36 利吉斷層
87	大竹溪	27 潮州斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
88	金崙溪	27 潮州斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
89	太麻里溪	27 潮州斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
90	文里溪	34 池上斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
91	知本溪	27 潮州斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
92	利嘉溪	34 池上斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
93	太平溪	34 池上斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
94	卑南溪	34 池上斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
95	都蘭溪	34 池上斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
96	馬武溪	34 池上斷層、35 鹿野斷層、36 利吉斷層
97	成功溪	33 玉里斷層、34 池上斷層、36 利吉斷層
98	富家溪	33 玉里斷層、34 池上斷層、36 利吉斷層
99	都威溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
100	沙灣溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
101	寧埔溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
102	竹湖溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
103	大德溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
104	長濱溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
105	城埔溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
106	馬海溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
107	山間溪	32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
108	水母溪	31 瑞穗斷層、32 奇美斷層、34 池上斷層
109	三富溪	31 瑞穗斷層、32 奇美斷層、34 池上斷層
110	秀姑巒溪	31 瑞穗斷層、32 奇美斷層、33 玉里斷層、34 池上斷層
111	豐濱溪	30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層、32 奇美斷層
112	加蘭溪	30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層、32 奇美斷層

113	蕃寮溪	30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層、32 奇美斷層
114	水璉溪	29 米崙斷層、30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層
115	花蓮溪	29 米崙斷層、30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層
116	美崙溪	29 米崙斷層、30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層
117	三棧溪	29 米崙斷層、30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層
118	立霧溪	12 大茅埔-雙冬斷層、29 米崙斷層、30 嶺頂斷層
119	石公溪	29 米崙斷層、30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層
120	大清水溪	29 米崙斷層、30 嶺頂斷層、31 瑞穗斷層
121	和平溪	04 新城斷層、29 米崙斷層、30 嶺頂斷層
122	南澳溪	04 新城斷層、29 米崙斷層、30 嶺頂斷層
123	東澳溪	01 山腳斷層、29 米崙斷層、30 嶺頂斷層
124	蘇澳溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、29 米崙斷層
125	新城溪	01 山腳斷層、04 新城斷層、29 米崙斷層
126	冬山河	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
127	蘭陽溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
128	得子口溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
129	金面溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
130	福德溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
131	頭城溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
132	大溪川	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
133	雙溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
134	尖山腳溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
135	瑪鍊溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層
136	員潭溪	01 山腳斷層、02 湖口斷層、04 新城斷層

資料來源：本研究整理

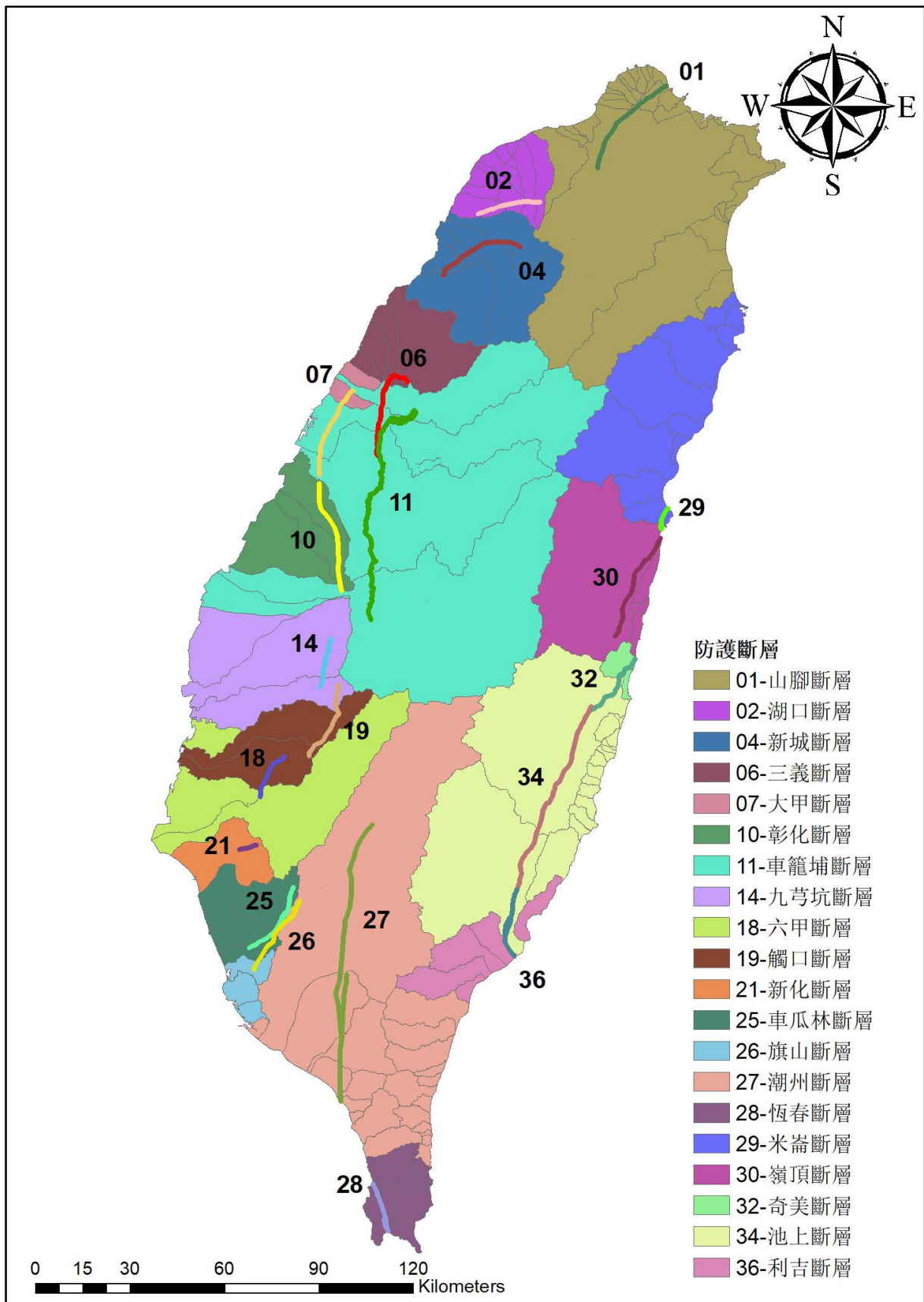


圖 4-4 防護斷層模式之震源分區

第五章 坡地崩塌評估基礎資料庫擴充

崩塌危害評估模式係以坡面單元為評估單元，對於坡面單元劃定的一致性、坡面分類的系統性必須確保，才能在應用於崩塌評估時得到可靠地成果。為了能夠有效地進行坡地崩塌評估工作，即需要建置全台之坡面單元及完整的地文因子資料庫，以坡面單元為基礎的資料庫須考慮地文因子、致災因子等，由於各式資料乃至於震度資料通常都是網格式資料（庫），因此還需將網格資料庫與坡面單元資料庫予以介接，固定編碼及位置。

本研究採用中央地質調查所已繪製完成的全台坡面單元成果作為資料庫建置基礎，並以此為基礎進行坡面單元之地文分類屬性定義。各式地文因子所需基礎資料如下概述：

1. 地質因子：地質分類 (100m × 100m)；
2. 高程因子：數值高程模型 DEM (20m × 20m)；
3. 坡度因子：數值高程模型 DEM (20m × 20m)；
4. 坡向因子：數值高程模型 DEM (20m × 20m)；
5. 斷層因子：全台斷層圖資；
6. 順向坡因子：全台順向坡圖資。

上述 1~4 的基礎資料皆是以網格型資料建立，可基於這些資料計算坡面單元之地質分類 (G)、坡向敏感因子 (A)、坡度分類 (S)。此外，坡地崩塌評估基礎資料庫與斷層帶相關，不同斷層對坡面之方位不同因此其影響不同，必須逐一建置對應斷層之坡地崩塌評估基礎資料庫。在前期研究中基於區域震源模式已建置完成四條斷層之坡地崩塌評估基礎資料庫，包括北部山腳斷層（最大規模 7.0，發生機率 6%）、中部車籠埔斷層（最大規模 7.6，發生機率 >1%）、南部九芎坑斷層（最大規模 7.0，發生機率 16%）以及東部花東縱谷斷層（最大規模 7.0-7.5，發生機率 28%）。

第一節 全台坡面單元資料庫

本計畫以中央地質調查所繪製之全台坡面單元圖資為依據，該圖資係建置更新於民國 108 年，係根據 20m-DEM 所劃定，並以全台縣市為區塊獨立劃分坡面單元後再行整併，如表 5-1 所示。本計畫根據各縣市之坡面單元資料，重新整併為以河川主流為單元的坡面單元資料庫，集水區則是民國 110 年水保局發布之新版集水區界。如所圖 5-1 示，可知坡面單元涵蓋全台 136 個河川流域中的 127 個主要流域，其中未劃定坡面單元的河川流域有 9 個，分別是富林溪流域、大堀溪流域、觀音溪流域、新屋溪流域、福興溪排水流域、萬興排水幹線流域、新虎尾溪流域、舊虎尾溪流域以及龍宮溪流域，主因為這些流域屬平原地帶，因此沒有繪製坡面單元的需求。

如所表 5-2 示，經河川主流逐一校對查驗，全台主要流域共計 143819 個坡面單元，佔全台面積 68.21%；數量最多的前三個分別是濁水溪流域 (15773 個，佔流域面積 85.26%)、淡水河流域 (14907 個，佔流域面積 83.07%)、高屏溪流域 (14788 個，佔流域面積 75.60%)；數量最少的前三個分別是埔心溪流域 (1 個，佔流域面積 0.04%)、後州溪流域 (6 個，佔流域面積 11.20%)、將軍溪排水流域 (8 個，佔流域面積 0.18%)。如表 5-2 所示，可知各流域坡面單元數量以及在流域中之佔比，可作為震後坡地崩塌評估之基礎。

表 5-1 中央地質調查所產製之全台坡面單元資料庫

編號	縣市	編號	縣市
01	108 年度北北基坡面單元	10	108 年度雲林縣市坡面單元
02	108 年度宜蘭縣市坡面單元	11	108 年度新北市坡面單元
03	108 年度花蓮縣市坡面單元	12	108 年度新竹縣市坡面單元
04	108 年度南投縣市坡面單元	13	108 年度嘉義縣市坡面單元
05	108 年度屏東縣市坡面單元	14	108 年度彰化縣市坡面單元
06	108 年度苗栗縣市坡面單元	15	108 年度臺中市坡面單元
07	108 年度桃園市坡面單元	16	108 年度臺北市坡面單元
08	108 年度高雄市坡面單元	17	108 年度臺東縣市坡面單元
09	108 年度基隆市坡面單元	18	108 年度臺南市坡面單元

表 5-2 全國各河川流域坡面單元劃定基礎資料

編號	主流名稱	主流總面積 (km ²)	坡面單元總面積 (km ²)	坡面單元面積 占比(%)	坡面單元數量
1	礮溪	49.490	42.035	84.94	162
2	小坑溪	15.544	13.809	88.83	49
3	乾華溪	11.512	10.382	90.18	37
4	石門溪	8.760	8.096	92.42	31
5	老梅溪	19.331	17.675	91.43	84
6	楓林溪	9.911	6.915	69.77	44
7	埔坪溪	14.813	9.415	63.56	47
8	八蓮溪	15.171	10.911	71.92	44
9	大屯溪	28.384	18.372	64.73	93
10	後州溪	7.173	0.803	11.20	6
11	興仁溪	13.651	3.672	26.90	21
12	林子溪	25.857	11.848	45.82	50
13	淡水河	2734.058	2271.191	83.07	14907
14	水仙溪	35.812	22.604	63.12	132
15	寶斗溪	9.288	6.422	69.15	48
16	林口溪	22.202	11.056	49.80	62
17	南崁溪	197.559	46.599	23.59	463
18	埔心溪	131.397	0.056	0.04	1
19	老街溪	115.245	5.426	4.71	31
20	富林溪	20.427	0.00	0.00	0
21	大堀溪	54.158	0.00	0.00	0
22	觀音溪	32.544	0.00	0.00	0
23	新屋溪	23.521	0.00	0.00	0
24	社子溪	98.388	10.451	10.62	77
25	福興溪排水	41.397	0.00	0.00	0
26	新豐溪	98.450	15.467	15.71	115
27	鳳山溪	256.325	174.553	68.10	1358
28	頭前溪	567.478	451.619	79.58	2250

表 5-2 全國各河川流域坡面單元劃定基礎資料

編號	主流名稱	主流總面積 (km ²)	坡面單元總面積 (km ²)	坡面單元面積 占比(%)	坡面單元數量
29	客雅溪排水	62.015	30.681	49.47	347
30	鹽港溪排水	64.723	41.175	63.62	510
31	新港溪	13.989	1.019	7.29	27
32	中港溪	450.285	357.024	79.29	2660
33	後龍溪	558.160	438.477	78.56	3111
34	西湖溪	121.248	81.039	66.84	704
35	通霄溪	96.108	61.726	64.23	584
36	苑裡溪	41.483	21.510	51.85	230
37	房裡溪	57.409	9.111	15.87	91
38	大安溪	769.192	669.532	87.04	3458
39	溫寮溪	63.848	1.778	2.79	23
40	大甲溪	1404.333	1088.772	77.53	6552
41	烏溪	2054.711	1378.491	67.09	9001
42	洋仔厝溪	248.795	33.802	13.59	440
43	員林大排水	226.915	24.131	10.63	214
44	萬興排水幹線	428.877	0.00	0.00	0
45	濁水溪	3167.481	2700.600	85.26	15773
46	新虎尾溪	237.484	0.00	0.00	0
47	舊虎尾溪	449.025	0.00	0.00	0
48	北港溪	773.386	123.157	15.92	1178
49	朴子溪	418.973	96.799	23.10	1171
50	龍宮溪	121.574	0.00	0.00	0.00
51	八掌溪	463.433	187.784	40.52	1937
52	急水溪	410.720	127.073	30.94	1845
53	將軍溪排水	372.706	0.667	0.18	8
54	曾文溪	1253.720	917.366	73.17	8473
55	鹽水溪	404.471	64.070	15.84	1103
56	二仁溪	413.212	144.348	34.93	2317

表 5-2 全國各河川流域坡面單元劃定基礎資料

編號	主流名稱	主流總面積 (km ²)	坡面單元總面積 (km ²)	坡面單元面積 占比(%)	坡面單元數量
57	阿公店溪	155.405	24.463	15.74	409
58	典寶溪排水	83.717	12.059	14.40	221
59	後勁溪	85.754	19.110	22.28	381
60	愛河	85.686	12.694	14.81	55
61	前鎮河	45.534	1.614	3.54	42
62	鹽水港溪	26.331	1.630	6.19	27
63	高屏溪	3318.393	2508.579	75.60	14788
64	東港溪	477.238	81.899	17.16	465
65	林邊溪	316.326	267.464	84.55	1048
66	北勢溪	95.057	15.372	16.17	84
67	率芒溪	91.742	86.192	93.95	400
68	南湖溪	31.976	26.966	84.33	158
69	十里溪	11.221	10.606	94.52	52
70	枋山溪	144.250	136.179	94.40	681
71	楓港溪	110.554	102.537	92.75	606
72	石盤溪	29.581	25.515	86.26	162
73	四重溪	130.660	112.492	86.10	721
74	保力溪	125.346	65.408	52.18	498
75	港口溪	179.165	148.684	82.99	898
76	九棚溪	24.214	21.130	87.26	131
77	港子溪	17.170	15.940	92.84	102
78	旭海溪	22.976	20.740	90.27	180
79	乾溪	9.090	8.754	96.30	52
80	塔瓦溪	4.906	4.782	97.47	27
81	達仁溪	14.939	14.058	94.10	105
82	安朔溪	58.361	54.951	94.16	328
83	朝庸溪	21.053	18.385	87.33	101
84	大武溪	110.258	104.883	95.13	533

表 5-2 全國各河川流域坡面單元劃定基礎資料

編號	主流名稱	主流總面積 (km ²)	坡面單元總面積 (km ²)	坡面單元面積 占比(%)	坡面單元數量
85	烏萬溪	21.319	20.283	95.14	116
86	津林溪	22.241	21.577	97.01	92
87	大竹溪	145.152	137.934	95.03	591
88	金崙溪	152.134	147.978	97.27	559
89	太麻里溪	230.215	216.297	93.95	844
90	文里溪	35.080	27.660	78.85	72
91	知本溪	199.463	179.988	90.24	748
92	利嘉溪	182.112	148.067	81.31	550
93	太平溪	109.955	48.303	43.93	197
94	卑南溪	1605.222	1430.746	89.13	5717
95	都蘭溪	94.354	69.101	73.24	404
96	馬武溪	191.746	171.960	89.68	1070
97	成功溪	23.283	19.153	82.26	111
98	富家溪	33.857	27.828	82.19	147
99	都威溪	30.133	25.975	86.20	147
100	沙灣溪	23.494	21.267	90.52	165
101	寧埔溪	14.057	12.908	91.83	91
102	竹湖溪	19.848	16.597	83.62	108
103	大德溪	19.860	18.836	94.85	114
104	長濱溪	11.123	6.130	55.11	41
105	城埔溪	7.342	4.771	64.98	26
106	馬海溪	5.305	3.599	67.84	21
107	山間溪	14.665	10.986	74.91	53
108	水母溪	42.109	42.069	99.91	192
109	三富溪	5.374	3.769	70.12	21
110	秀姑巒溪	1795.278	1571.635	87.54	5891
111	豐濱溪	101.595	95.403	93.91	607
112	加蘭溪	35.165	33.039	93.96	118

表 5-2 全國各河川流域坡面單元劃定基礎資料

編號	主流名稱	主流總面積 (km ²)	坡面單元總面積 (km ²)	坡面單元面積 占比(%)	坡面單元數量
113	蕃寮溪	16.259	15.717	96.67	77
114	水璉溪	54.195	49.945	92.16	227
115	花蓮溪	1551.298	1248.159	80.46	4947
116	美崙溪	92.080	47.518	51.61	154
117	三棧溪	136.310	125.698	92.21	467
118	立霧溪	633.108	614.112	97.00	2722
119	石公溪	24.201	23.090	95.41	70
120	大清水溪	62.867	59.089	93.99	240
121	和平溪	587.437	572.611	97.48	2256
122	南澳溪	328.618	310.438	94.47	1138
123	東澳溪	40.894	36.876	90.17	144
124	蘇澳溪	35.094	28.074	79.99	231
125	新城溪	58.480	44.666	76.38	303
126	冬山河	93.230	24.990	26.80	151
127	蘭陽溪	1014.986	767.069	75.57	4063
128	得子口溪	87.387	32.617	37.32	237
129	金面溪	7.998	6.005	75.08	43
130	福德溪	10.778	8.548	79.31	57
131	頭城溪	10.791	6.473	59.99	53
132	大溪川	58.219	52.057	89.42	343
133	雙溪	143.828	131.445	91.39	1024
134	尖山腳溪	61.278	53.279	86.95	487
135	瑪鍊溪	58.353	49.907	85.53	357
136	員潭溪	31.517	22.936	72.77	91
合計		36003.707	24557.766	68.21	143819

資料來源：本研究整理

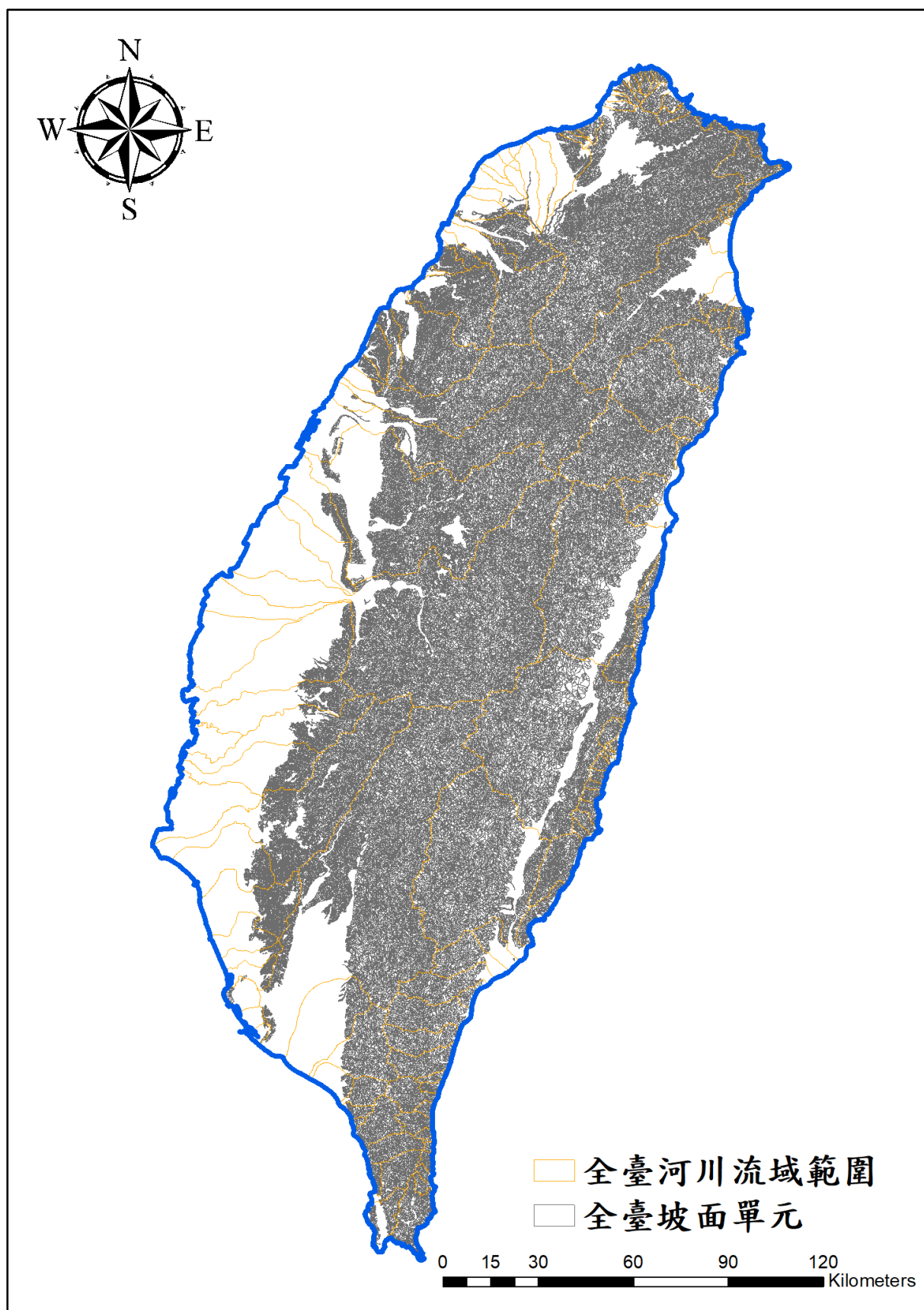


圖 5-1 地調所繪製之全臺各集水區坡面單元分布圖

第二節 坡面單元資料庫編碼

坡面單元資料庫的一個重要目的，即是便於未來能夠進行系統化的資料庫運算；同時，也必須是一個具有穩定的資料庫結構型態的數值資料。為了能夠達到這個目的，本研究將全台坡面單元重新進行資料庫分類整理，並賦予固定編碼和因子定義，以便於後續應用流通。此外，未來在 BigGIS 系統的整合中，借助固定編碼資料，將可利於資料庫的運算及製圖。此外，水保局發布之新版集水區與過去以主次子集水區的分級方式有極大不同，改以河川主流為劃分依據，因此也必須將所有坡面單元編碼予以更新，目前本計畫已完成既有坡面單元資料庫更新工作，說明如下。

如表 5-3 所示，坡面單元編碼為 12 位 string 格式，其中包含河川主流、集水區、坡面單元等資訊，其中河川主流和集水區依全國統一規定編碼，坡面單元編碼由本研究自行依序編定。坡面單元完整編碼以【河川主流】+【子集水區】+【坡面單元】的方式組合成 12 位之 string 格式。坡面單元編碼是坡面具集水區資訊的且是唯一的身分標識，未來將可依此編碼進行相關資料庫關聯運算，並可便於如水利署等相關單位的資料流通使用。

表 5-3 坡面單元編碼

欄位名稱	定義
【BASIN_ID】	河川代碼 4 碼
【BASIN_NAME】	主流名稱
【WS_ID】	子集水區代碼 7 碼(河川代碼 4 碼+子集水區 3 碼)
【WS_NAME】	子集水區名稱
【SLOPE ID】	坡面單元 5 碼
【SLOPECODE】	坡面單元完整編碼，共 12 碼

資料來源：本研究整理

第三節 坡地崩塌評估基礎資料庫

根據第四章中各河川流域防護斷層分析結果，本計畫針對防護斷層模式進行坡地崩塌評估基礎資料庫建置，建置內容包括地質、坡度、坡向、順向坡、斷層方位等地文條件屬性，並針對各防護斷層進行全台坡面單元屬性分析，擴充坡地崩塌評估基礎資料庫，作為震後坡地崩塌早期評估之基礎。

崩塌評估基礎資料庫之坡面單元屬性係結合各因子資料及斷層特性描述某類型坡面單元之易損特徵，各斷層由於對坡面單元的坡向敏感度不同，因此須要建立對應的評估基礎資料庫，而防護斷層模式與區域震源模式的差別，主要在於防護斷層模式納入 20 條斷層的坡向敏感因子特徵，並整併為單一資料庫，而區域震源模式是就各區域的代表斷層建置資料庫，由於台灣活動斷層特性，實際地震中具誘發坡地崩塌之高震度區域範圍並不大，因此防護斷層模式將可大幅提升評估效率，以作為 BigGIS 快速評估之基礎。

一、地質因子

地質因子分析方法如前節所述，全台坡面單元地質因子係以李錫堤等人 (Lee *et al.*, 2001) 之地質分類，由硬至軟依序分為 B、C、D、E 四類。各集水區坡面單元地質因子以比例法決定（多數法則），少數坡面單元地質無法以比例法決定時則採用參考地質，即是以相鄰坡面單元地質來決定，其中 B、C 類地質為較主要之地質，D 類地質則較少，E 類地質則無。

進一步地，坡面單元地質分類即依據前述之分類方法予以決定，各河川流域坡面單元地質分類如表 5-4 所示，各類坡面之地質被分類為 G1、G2 二類，其中 G1 類 99548 個坡面，G2 類 42139 個坡面，共計 141687 個坡面。由於目前坡地易損性曲線並無 D 類地質，因此坡面單元地質因子屬 D 類地質則被歸屬於不適用地質 (N/A)，共計有 2132 個坡面。在後續分析中將不作評估。由表 5-4 中可知，大部分坡面單元仍屬有效地質，僅少數坡面單元不適用，對整體坡面評估影響較小。

表 5-4 全國各河川流域坡面單元地質分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	G1	G2	N/A
1	磺溪	162	77	84	1
2	小坑溪	49	5	44	0
3	乾華溪	37	5	32	0
4	石門溪	31	0	31	0
5	老梅溪	84	43	41	0
6	楓林溪	44	18	26	0
7	埔坪溪	47	36	11	0
8	八蓮溪	44	30	12	2
9	大屯溪	93	24	65	4
10	後州溪	6	0	6	0
11	興仁溪	21	4	17	0
12	林子溪	50	18	32	0
13	淡水河	14907	13500	1307	100
14	水仙溪	132	3	120	9
15	寶斗溪	48	0	36	12
16	林口溪	62	0	41	21
17	南崁溪	463	4	424	35
18	埔心溪	1	0	1	0
19	老街溪	31	0	31	0
20	富林溪	-	-	-	-
21	大堀溪	-	-	-	-
22	觀音溪	-	-	-	-
23	新屋溪	-	-	-	-
24	社子溪	77	0	77	0
25	福興溪排水	-	-	-	-
26	新豐溪	115	0	115	0
27	鳳山溪	1358	493	827	38
28	頭前溪	2250	1732	493	25

表 5-4 全國各河川流域坡面單元地質分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	G1	G2	N/A
29	客雅溪排水	347	0	347	0
30	鹽港溪排水	510	0	504	6
31	新港溪	27	0	27	0
32	中港溪	2660	1073	1543	44
33	後龍溪	3111	1907	1135	69
34	西湖溪	704	115	543	46
35	通霄溪	584	0	577	7
36	苑裡溪	230	0	203	27
37	房裡溪	91	0	91	0
38	大安溪	3458	2808	627	23
39	溫寮溪	23	0	23	0
40	大甲溪	6552	5307	1224	21
41	烏溪	9001	3489	5306	206
42	洋仔厝溪	440	0	437	3
43	員林大排水	214	0	214	0
44	萬興排水幹線	-	-	-	-
45	濁水溪	15773	13558	2109	106
46	新虎尾溪	-	-	-	-
47	舊虎尾溪	-	-	-	-
48	北港溪	1178	128	1044	6
49	朴子溪	1171	295	851	25
50	龍宮溪	-	-	-	-
51	八掌溪	1937	843	1014	80
52	急水溪	1845	332	1491	22
53	將軍溪排水	8	0	8	0
54	曾文溪	8473	3509	4891	73
55	鹽水溪	1103	0	1095	8
56	二仁溪	2317	137	2175	5

表 5-4 全國各河川流域坡面單元地質分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	G1	G2	N/A
57	阿公店溪	409	44	362	3
58	典寶溪排水	221	7	206	8
59	後勁溪	381	0	381	0
60	愛河	55	1	54	0
61	前鎮河	42	0	42	0
62	鹽水港溪	27	0	27	0
63	高屏溪	14788	12823	1707	258
64	東港溪	465	428	22	15
65	林邊溪	1048	1019	29	0
66	北勢溪	84	63	21	0
67	率芒溪	400	394	6	0
68	南湖溪	158	158	0	0
69	十里溪	52	51	1	0
70	枋山溪	681	638	41	2
71	楓港溪	606	522	80	4
72	石盤溪	162	143	17	2
73	四重溪	721	586	128	7
74	保力溪	498	183	276	39
75	港口溪	898	507	372	19
76	九棚溪	131	119	12	0
77	港子溪	102	82	16	4
78	旭海溪	180	147	33	0
79	乾溪	52	36	16	0
80	塔瓦溪	27	23	4	0
81	達仁溪	105	86	19	0
82	安朔溪	328	255	72	1
83	朝庸溪	101	63	38	0
84	大武溪	533	473	59	1

表 5-4 全國各河川流域坡面單元地質分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	G1	G2	N/A
85	烏萬溪	116	103	13	0
86	津林溪	92	84	8	0
87	大竹溪	591	539	51	1
88	金崙溪	559	543	10	6
89	太麻里溪	844	823	16	5
90	文里溪	72	60	7	5
91	知本溪	748	729	13	6
92	利嘉溪	550	542	6	2
93	太平溪	197	111	74	12
94	卑南溪	5717	4995	618	104
95	都蘭溪	404	86	287	31
96	馬武溪	1070	218	789	63
97	成功溪	111	32	53	26
98	富家溪	147	56	77	14
99	都威溪	147	68	78	1
100	沙灣溪	165	17	143	5
101	寧埔溪	91	6	84	1
102	竹湖溪	108	0	108	0
103	大德溪	114	9	100	5
104	長濱溪	41	5	34	2
105	城埔溪	26	4	10	12
106	馬海溪	21	5	12	4
107	山間溪	53	4	39	10
108	水母溪	192	101	91	0
109	三富溪	21	2	19	0
110	秀姑巒溪	5891	4768	994	129
111	豐濱溪	607	70	537	0
112	加蘭溪	118	8	110	0

表 5-4 全國各河川流域坡面單元地質分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	G1	G2	N/A
113	蕃寮溪	77	7	70	0
114	水璉溪	227	3	224	0
115	花蓮溪	4947	4428	460	59
116	美崙溪	154	135	9	10
117	三棧溪	467	456	7	4
118	立霧溪	2722	2703	7	12
119	石公溪	70	39	30	1
120	大清水溪	240	205	34	1
121	和平溪	2256	2210	41	5
122	南澳溪	1138	1032	103	3
123	東澳溪	144	98	43	3
124	蘇澳溪	231	125	106	0
125	新城溪	303	261	38	4
126	冬山河	151	82	52	17
127	蘭陽溪	4063	3539	386	138
128	得子口溪	237	177	31	29
129	金面溪	43	35	3	5
130	福德溪	57	54	2	1
131	頭城溪	53	27	26	0
132	大溪川	343	244	99	0
133	雙溪	1024	845	171	8
134	尖山腳溪	487	278	208	1
135	瑪鍊溪	357	201	156	0
136	員潭溪	91	32	59	0
合計		143819	99548	42139	2132

資料來源：本研究整理

二、坡向敏感度

在坡向敏感度分析方面，由於本因子與斷層方位相關，根據坡面單元對各斷層帶的方位不同將具有不同的坡向敏感度。坡向敏感度分析方法如前述，其中包括幾個重要因子，包括坡向因子、斷層方位角、順向坡因子等綜合考量。首先，各河川流域坡面單元坡向因子利用 DEM 資料套取坡面單元最高最低點座標後予以計算坡面方向，各河川流域坡面單元坡向如表 5-5 所示；斷層方位角則選取山腳斷層計算各坡面單元到斷層的最短距離相應位置，並計算山腳斷層方位角，各河川流域坡面單元斷層方位角如表 5-6 所示；坡面方位角（坡向）與斷層方位角之夾角即為山腳斷層夾角，表達坡面方位角和震波方位角之關係，各河川流域坡面單元山腳斷層夾角計算如表 5-7 所示。

坡向敏感度還須考量順向坡因子，本計畫以坡面單元套疊分析全國順向坡圖資，如圖 5-2 所示。坡面單元屬順向坡則被歸類為 A1 類弱面，套疊結果如表 5-8 所示，共計 28864 個面，佔總體坡面約 20.07%。坡面單元坡向敏感度依據前述之分類方法予以決定，各河川流域坡面單元坡向敏感度如表 5-9 所示，各類坡面之坡向敏感度被分類為 A1、A2 二類，其中 A1 類 50582 個坡面，A2 類 93230 個坡面。由於存在平坡坡面，因此坡面單元坡向敏感度存在不適用坡面 (N/A)，在後續分析中將不作評估。由表 5-9 中可知，大部分坡面單元仍屬有效地質，僅烏溪流域 4 個、濁水溪流域 2 個和曾文溪流域 1 個等 7 個坡面單元不適用，對整體評估影響不大。

表 5-5 全國各河川流域坡面單元坡向因子之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北	平坡
1	礮溪	11	4	1	10	31	44	29	32	0
2	小坑溪	3	0	1	13	20	6	4	2	0
3	乾華溪	1	0	0	6	16	11	2	1	0
4	石門溪	0	0	0	7	24	0	0	0	0
5	老梅溪	0	2	2	30	36	11	1	2	0
6	楓林溪	2	0	2	14	21	5	0	0	0
7	埔坪溪	0	0	5	32	9	1	0	0	0
8	八蓮溪	0	1	10	21	11	1	0	0	0
9	大屯溪	0	2	14	62	12	2	1	0	0
10	後州溪	0	0	1	5	0	0	0	0	0
11	興仁溪	0	0	9	8	1	2	1	0	0
12	林子溪	2	3	12	22	9	0	0	2	0
13	淡水河	1895	1765	1238	2489	2649	1886	1146	1839	0
14	水仙溪	4	10	10	52	29	18	5	4	0
15	寶斗溪	0	0	4	17	15	10	2	0	0
16	林口溪	6	3	11	16	18	5	2	1	0
17	南崁溪	85	102	86	93	34	9	15	39	0
18	埔心溪	0	0	0	0	1	0	0	0	0
19	老街溪	1	0	0	2	9	9	5	5	0
20	富林溪	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	大堀溪	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	觀音溪	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	新屋溪	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	社子溪	1	4	8	26	26	9	1	2	0
25	福興溪排水	-	-	-	-	-	-	-	-	
26	新豐溪	3	24	15	34	19	14	3	3	0
27	鳳山溪	213	249	153	229	227	100	61	126	0
28	頭前溪	222	315	277	458	405	333	123	117	0

表 5-5 全國各河川流域坡面單元坡向因子之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北	平坡
29	客雅溪排水	40	30	42	79	59	60	22	15	0
30	鹽港溪排水	65	88	46	89	115	60	13	34	0
31	新港溪	7	6	4	3	3	1	2	1	0
32	中港溪	253	326	319	676	486	295	121	184	0
33	後龍溪	242	433	440	743	464	343	241	205	0
34	西湖溪	41	95	93	153	120	132	47	23	0
35	通霄溪	57	92	96	181	97	32	11	18	0
36	苑裡溪	8	53	38	82	38	5	4	2	0
37	房裡溪	4	8	20	49	6	1	3	0	0
38	大安溪	441	564	489	725	527	303	149	260	0
39	溫寮溪	1	9	3	5	2	0	3	0	0
40	大甲溪	864	971	832	1009	743	724	562	847	0
41	烏溪	1237	1467	1099	1411	948	1138	653	1044	4
42	洋仔厝溪	42	132	125	99	22	2	8	10	0
43	員林大排水	11	67	97	34	2	0	3	0	0
44	萬興排水幹線	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	濁水溪	1369	2060	1914	2718	2211	2304	1548	1647	2
46	新虎尾溪	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	舊虎尾溪	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	北港溪	72	191	251	398	149	64	24	29	0
49	朴子溪	121	326	205	217	105	70	36	91	0
50	龍宮溪	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	八掌溪	187	375	324	447	270	159	83	92	0
52	急水溪	148	319	380	437	223	150	99	89	0
53	將軍溪排水	2	2	3	0	0	0	1	0	0
54	曾文溪	1079	1490	1297	1532	861	657	589	967	1
55	鹽水溪	107	226	221	211	110	84	55	89	0
56	二仁溪	323	492	347	356	256	131	145	267	0

表 5-5 全國各河川流域坡面單元坡向因子之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北	平坡
57	阿公店溪	41	89	55	81	52	39	21	31	0
58	典寶溪排水	48	51	24	28	23	12	8	27	0
59	後勁溪	62	84	60	63	38	18	15	41	0
60	愛河	7	9	4	2	5	16	7	5	0
61	前鎮河	2	14	12	8	3	0	3	0	0
62	鹽水港溪	4	2	2	9	8	0	1	1	0
63	高屏溪	2264	2453	1872	2188	1598	1219	1068	2126	0
64	東港溪	70	98	69	88	89	16	9	26	0
65	林邊溪	174	200	132	193	172	49	26	102	0
66	北勢溪	3	38	27	9	5	0	1	1	0
67	率芒溪	60	70	43	79	58	29	11	50	0
68	南湖溪	27	51	33	27	12	2	1	5	0
69	十里溪	11	19	6	10	3	1	0	2	0
70	枋山溪	118	108	83	95	98	35	31	113	0
71	楓港溪	85	99	51	116	99	38	20	98	0
72	石盤溪	14	63	54	18	6	0	7	0	0
73	四重溪	129	99	73	102	67	33	81	137	0
74	保力溪	77	78	66	67	62	70	38	40	0
75	港口溪	196	102	49	64	79	94	110	204	0
76	九棚溪	19	10	2	14	23	25	19	19	0
77	港子溪	19	5	4	1	6	24	19	24	0
78	旭海溪	22	4	9	5	23	35	32	50	0
79	乾溪	5	2	1	1	3	12	16	12	0
80	塔瓦溪	0	0	0	1	6	8	7	5	0
81	達仁溪	12	2	3	10	18	22	22	16	0
82	安朔溪	40	19	7	21	47	71	38	85	0
83	朝庸溪	9	2	1	1	17	22	28	21	0
84	大武溪	89	33	11	24	67	106	67	136	0

表 5-5 全國各河川流域坡面單元坡向因子之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北	平坡
85	烏萬溪	19	4	2	2	3	28	22	36	0
86	津林溪	10	2	0	2	5	16	20	37	0
87	大竹溪	113	51	13	24	81	106	73	130	0
88	金崙溪	108	46	15	41	57	107	74	111	0
89	太麻里溪	120	99	54	62	65	115	125	204	0
90	文里溪	11	4	1	0	1	9	14	32	0
91	知本溪	107	110	34	76	84	99	92	146	0
92	利嘉溪	100	65	23	48	61	79	64	110	0
93	太平溪	34	30	12	6	4	18	38	55	0
94	卑南溪	814	742	448	634	632	705	614	1128	0
95	都蘭溪	84	16	7	5	15	52	55	170	0
96	馬武溪	162	104	75	90	80	145	174	240	0
97	成功溪	14	3	3	0	4	9	22	56	0
98	富家溪	30	9	2	1	2	27	27	49	0
99	都威溪	14	0	1	5	12	41	27	47	0
100	沙灣溪	29	3	1	1	6	32	40	53	0
101	寧埔溪	9	2	2	0	1	11	25	41	0
102	竹湖溪	15	4	1	0	3	22	35	28	0
103	大德溪	18	2	4	1	4	13	30	42	0
104	長濱溪	11	1	1	0	1	5	7	15	0
105	城埔溪	5	0	0	0	1	1	5	14	0
106	馬海溪	6	0	0	0	1	3	5	6	0
107	山間溪	7	0	0	0	1	7	14	24	0
108	水母溪	20	14	4	13	27	39	29	46	0
109	三富溪	2	0	0	0	1	1	7	10	0
110	秀姑巒溪	751	776	562	774	775	771	606	876	0
111	豐濱溪	86	23	16	44	86	117	83	152	0
112	加蘭溪	15	3	1	0	5	20	36	38	0

表 5-5 全國各河川流域坡面單元坡向因子之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北	平坡
113	蕃寮溪	8	5	4	0	7	16	14	23	0
114	水璉溪	39	12	1	11	19	52	29	64	0
115	花蓮溪	624	639	405	662	631	684	505	797	0
116	美崙溪	31	17	2	4	13	28	22	37	0
117	三棧溪	84	37	14	37	90	76	55	74	0
118	立霧溪	412	364	220	334	326	385	257	424	0
119	石公溪	21	13	1	0	1	6	5	23	0
120	大清水溪	39	35	7	10	32	47	34	36	0
121	和平溪	345	270	144	239	360	373	193	332	0
122	南澳溪	197	127	70	111	187	183	87	176	0
123	東澳溪	35	11	2	1	15	26	23	31	0
124	蘇澳溪	18	14	10	30	51	53	31	24	0
125	新城溪	28	13	16	52	59	75	29	31	0
126	冬山河	2	3	6	44	32	31	8	25	0
127	蘭陽溪	563	322	275	528	596	649	425	705	0
128	得子口溪	54	10	2	1	19	27	29	95	0
129	金面溪	17	2	0	0	1	6	7	10	0
130	福德溪	6	7	3	2	1	1	6	31	0
131	頭城溪	12	3	1	1	3	1	8	24	0
132	大溪川	60	26	8	17	42	51	31	108	0
133	雙溪	116	87	79	157	177	158	92	158	0
134	尖山腳溪	43	11	17	65	115	105	56	75	0
135	瑪鍊溪	40	21	14	39	74	53	54	62	0
136	員潭溪	2	5	2	9	17	39	13	4	0
合計		18287	20277	15882	22808	19012	16910	11905	18731	7

資料來源：本研究整理

表 5-6 全國各河川流域坡面單元山腳斷層方位角之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北
1	礮溪	1	0	0	120	5	0	0	36
2	小坑溪	12	1	0	0	0	0	0	36
3	乾華溪	0	0	0	0	0	0	0	37
4	石門溪	0	0	0	0	0	0	0	31
5	老梅溪	4	0	0	0	0	0	0	80
6	楓林溪	0	0	0	0	0	0	0	44
7	埔坪溪	0	0	0	0	0	0	0	47
8	八蓮溪	0	0	0	0	0	0	0	44
9	大屯溪	0	0	0	0	0	0	0	93
10	後州溪	0	0	0	0	0	0	0	6
11	興仁溪	0	0	0	0	0	0	0	21
12	林子溪	0	0	0	2	0	0	0	48
13	淡水河	3	0	1266	7549	4733	1020	173	163
14	水仙溪	0	0	0	0	0	0	17	115
15	寶斗溪	0	0	0	0	0	0	43	5
16	林口溪	0	0	0	0	0	0	62	0
17	南崁溪	6	0	0	0	0	6	347	104
18	埔心溪	0	1	0	0	0	0	0	0
19	老街溪	7	0	0	0	24	0	0	0
20	富林溪	-	-	-	-	-	-	-	-
21	大堀溪	-	-	-	-	-	-	-	-
22	觀音溪	-	-	-	-	-	-	-	-
23	新屋溪	-	-	-	-	-	-	-	-
24	社子溪	21	0	0	0	56	0	0	0
25	福興溪排水	-	-	-	-	-	-	-	-
26	新豐溪	1	0	0	7	61	0	42	4
27	鳳山溪	513	193	238	168	194	44	0	8
28	頭前溪	25	0	50	728	1305	131	0	11

表 5-6 全國各河川流域坡面單元山腳斷層方位角之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北
29	客雅溪排水	0	0	0	206	0	0	0	141
30	鹽港溪排水	4	0	0	126	3	0	0	377
31	新港溪	0	0	0	0	0	0	10	17
32	中港溪	0	0	0	1815	606	237	2	0
33	後龍溪	924	1590	519	72	3	3	0	0
34	西湖溪	553	5	7	45	35	38	0	21
35	通霄溪	169	0	0	0	0	0	0	415
36	苑裡溪	0	0	0	0	0	0	0	230
37	房裡溪	0	37	54	0	0	0	0	0
38	大安溪	524	2013	595	71	18	14	22	201
39	溫寮溪	0	0	2	16	5	0	0	0
40	大甲溪	54	46	4451	1015	638	135	120	93
41	烏溪	5	282	5127	2697	278	43	485	84
42	洋仔厝溪	0	208	232	0	0	0	0	0
43	員林大排水	0	0	214	0	0	0	0	0
44	萬興排水幹線	-	-	-	-	-	-	-	-
45	濁水溪	8	24	9676	5204	581	34	148	98
46	新虎尾溪	-	-	-	-	-	-	-	-
47	舊虎尾溪	-	-	-	-	-	-	-	-
48	北港溪	6	238	538	93	0	0	295	8
49	朴子溪	0	0	379	322	79	64	322	5
50	龍宮溪	-	-	-	-	-	-	-	-
51	八掌溪	40	44	437	243	10	6	262	895
52	急水溪	0	0	10	40	120	951	505	219
53	將軍溪排水	0	0	8	0	0	0	0	0
54	曾文溪	0	649	2982	3581	1261	0	0	0
55	鹽水溪	5	6	23	443	626	0	0	0
56	二仁溪	119	15	105	93	0	0	1090	895

表 5-6 全國各河川流域坡面單元山腳斷層方位角之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北
57	阿公店溪	12	0	0	91	3	0	4	299
58	典寶溪排水	0	0	0	211	10	0	0	0
59	後勁溪	0	0	27	349	0	0	5	0
60	愛河	0	0	0	0	0	53	2	0
61	前鎮河	0	0	0	0	42	0	0	0
62	鹽水港溪	0	0	0	0	0	0	27	0
63	高屏溪	1169	3452	5036	1061	0	20	3125	925
64	東港溪	0	1	453	0	0	0	11	0
65	林邊溪	0	0	1048	0	0	0	0	0
66	北勢溪	0	0	84	0	0	0	0	0
67	率芒溪	0	0	400	0	0	0	0	0
68	南湖溪	0	0	129	29	0	0	0	0
69	十里溪	0	0	0	52	0	0	0	0
70	枋山溪	0	0	352	329	0	0	0	0
71	楓港溪	0	0	16	590	0	0	0	0
72	石盤溪	118	38	6	0	0	0	0	0
73	四重溪	25	643	53	0	0	0	0	0
74	保力溪	0	18	279	0	0	41	160	0
75	港口溪	0	61	792	39	0	3	3	0
76	九棚溪	0	39	92	0	0	0	0	0
77	巷子溪	0	80	22	0	0	0	0	0
78	旭海溪	0	0	0	180	0	0	0	0
79	乾溪	0	0	11	41	0	0	0	0
80	塔瓦溪	0	0	23	4	0	0	0	0
81	達仁溪	0	0	102	3	0	0	0	0
82	安朔溪	0	0	328	0	0	0	0	0
83	朝庸溪	0	0	101	0	0	0	0	0
84	大武溪	0	0	533	0	0	0	0	0

表 5-6 全國各河川流域坡面單元山腳斷層方位角之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北
85	烏萬溪	0	0	116	0	0	0	0	0
86	津林溪	0	0	92	0	0	0	0	0
87	大竹溪	0	0	591	0	0	0	0	0
88	金崙溪	0	0	559	0	0	0	0	0
89	太麻里溪	0	0	844	0	0	0	0	0
90	文里溪	0	0	0	0	0	72	0	0
91	知本溪	0	0	0	0	0	578	170	0
92	利嘉溪	0	0	0	0	0	47	503	0
93	太平溪	0	0	0	0	0	3	173	21
94	卑南溪	0	1	212	188	194	550	3473	1099
95	都蘭溪	0	7	352	45	0	0	0	0
96	馬武溪	0	0	608	462	0	0	0	0
97	成功溪	0	0	58	53	0	0	0	0
98	富家溪	0	0	8	139	0	0	0	0
99	都威溪	0	0	75	72	0	0	0	0
100	沙灣溪	0	0	39	126	0	0	0	0
101	寧埔溪	0	0	0	91	0	0	0	0
102	竹湖溪	0	0	68	40	0	0	0	0
103	大德溪	0	0	114	0	0	0	0	0
104	長濱溪	0	0	41	0	0	0	0	0
105	城埔溪	0	0	26	0	0	0	0	0
106	馬海溪	0	0	9	12	0	0	0	0
107	山間溪	0	0	0	53	0	0	0	0
108	水母溪	0	0	17	175	0	0	0	0
109	三富溪	0	0	11	10	0	0	0	0
110	秀姑巒溪	185	203	880	611	4	0	1428	2580
111	豐濱溪	34	0	40	35	8	0	93	397
112	加蘭溪	0	0	79	39	0	0	0	0

表 5-6 全國各河川流域坡面單元山腳斷層方位角之數量統計

編號	主流名稱	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北
113	蕃寮溪	0	0	6	71	0	0	0	0
114	水璉溪	0	0	89	138	0	0	0	0
115	花蓮溪	0	0	255	255	47	72	1660	2658
116	美崙溪	3	0	2	0	0	0	92	57
117	三棧溪	39	0	0	0	0	0	18	410
118	立霧溪	709	0	0	0	0	0	0	2013
119	石公溪	70	0	0	0	0	0	0	0
120	大清水溪	226	14	0	0	0	0	0	0
121	和平溪	2175	12	0	0	0	0	0	69
122	南澳溪	1120	18	0	0	0	0	0	0
123	東澳溪	121	23	0	0	0	0	0	0
124	蘇澳溪	224	7	0	0	0	0	0	0
125	新城溪	303	0	0	0	0	0	0	0
126	冬山河	0	0	0	151	0	0	0	0
127	蘭陽溪	0	0	0	1886	2177	0	0	0
128	得子口溪	0	0	1	236	0	0	0	0
129	金面溪	0	0	39	4	0	0	0	0
130	福德溪	0	0	35	22	0	0	0	0
131	頭城溪	0	0	14	39	0	0	0	0
132	大溪川	0	0	0	343	0	0	0	0
133	雙溪	0	0	0	1024	0	0	0	0
134	尖山腳溪	0	0	1	486	0	0	0	0
135	瑪鍊溪	0	0	0	357	0	0	0	0
136	員潭溪	0	0	0	91	0	0	0	0
合計		9537	9969	42081	34889	13126	4165	14892	15160

資料來源：本研究整理

表 5-7 全國各河川流域坡面單元山腳斷層夾角之數量統計

編號	主流名稱	-30°~30°	30°~150°	150°~210°	210°~330°
1	磺溪	26	30	27	79
2	小坑溪	2	28	16	3
3	乾華溪	1	19	16	1
4	石門溪	0	12	19	0
5	老梅溪	2	27	48	7
6	楓林溪	2	7	34	1
7	埔坪溪	0	4	38	5
8	八蓮溪	0	5	29	10
9	大屯溪	0	6	69	18
10	後州溪	0	0	4	2
11	興仁溪	0	4	10	7
12	林子溪	3	10	24	13
13	淡水河	3283	4775	2204	4645
14	水仙溪	3	60	52	17
15	寶斗溪	2	31	15	0
16	林口溪	3	31	18	10
17	南崁溪	25	83	123	232
18	埔心溪	0	0	0	1
19	老街溪	8	2	5	16
20	富林溪	0	0	0	0
21	大堀溪	0	0	0	0
22	觀音溪	0	0	0	0
23	新屋溪	0	0	0	0
24	社子溪	37	18	4	18
25	福興溪排水	0	0	0	0
26	新豐溪	27	51	7	30
27	鳳山溪	442	313	91	512
28	頭前溪	568	814	278	590

表 5-7 全國各河川流域坡面單元山腳斷層夾角之數量統計

編號	主流名稱	-30°~30°	30°~150°	150°~210°	210°~330°
29	客雅溪排水	68	117	56	106
30	鹽港溪排水	93	148	109	160
31	新港溪	2	7	3	15
32	中港溪	833	973	278	576
33	後龍溪	545	704	436	1426
34	西湖溪	92	214	111	287
35	通霄溪	44	98	222	220
36	苑裡溪	3	54	91	82
37	房裡溪	17	6	3	65
38	大安溪	733	803	337	1585
39	溫寮溪	4	12	1	6
40	大甲溪	1085	2620	944	1903
41	烏溪	1774	3417	1126	2684
42	洋仔厝溪	206	81	5	148
43	員林大排水	137	43	3	31
44	萬興排水幹線	0	0	0	0
45	濁水溪	3062	4796	2018	5897
46	新虎尾溪	0	0	0	0
47	舊虎尾溪	0	0	0	0
48	北港溪	337	265	87	489
49	朴子溪	258	513	74	326
50	龍宮溪	0	0	0	0
51	八掌溪	283	605	423	626
52	急水溪	199	839	407	400
53	將軍溪排水	4	3	1	0
54	曾文溪	2008	3325	981	2159
55	鹽水溪	211	547	140	205
56	二仁溪	374	588	387	968

表 5-7 全國各河川流域坡面單元山腳斷層夾角之數量統計

編號	主流名稱	-30°~30°	30°~150°	150°~210°	210°~330°
57	阿公店溪	71	117	72	149
58	典寶溪排水	33	107	47	34
59	後勁溪	83	182	43	73
60	愛河	18	10	9	18
61	前鎮河	6	32	1	3
62	鹽水港溪	1	17	2	7
63	高屏溪	2868	4844	1611	5465
64	東港溪	92	179	16	178
65	林邊溪	179	450	41	378
66	北勢溪	43	29	1	11
67	率芒溪	63	163	16	158
68	南湖溪	46	83	2	27
69	十里溪	11	35	3	3
70	枋山溪	128	315	86	152
71	楓港溪	131	238	102	135
72	石盤溪	41	13	5	103
73	四重溪	131	330	39	221
74	保力溪	157	130	15	196
75	港口溪	79	496	125	198
76	九棚溪	9	48	29	45
77	港子溪	6	50	33	13
78	旭海溪	8	36	62	74
79	乾溪	2	12	17	21
80	塔瓦溪	1	1	9	16
81	達仁溪	5	23	26	51
82	安朔溪	7	112	63	146
83	朝庸溪	2	25	37	37
84	大武溪	14	247	98	174

表 5-7 全國各河川流域坡面單元山腳斷層夾角之數量統計

編號	主流名稱	-30°~30°	30°~150°	150°~210°	210°~330°
85	烏萬溪	2	56	30	28
86	津林溪	0	49	22	21
87	大竹溪	15	267	119	190
88	金崙溪	22	240	108	189
89	太麻里溪	64	348	206	226
90	文里溪	15	2	4	51
91	知本溪	140	190	98	320
92	利嘉溪	96	160	32	262
93	太平溪	62	20	13	102
94	卑南溪	1212	1807	543	2155
95	都蘭溪	11	207	115	71
96	馬武溪	103	370	283	314
97	成功溪	2	32	58	19
98	富家溪	0	49	52	46
99	都威溪	3	23	53	68
100	沙灣溪	1	47	60	57
101	寧埔溪	0	13	56	22
102	竹湖溪	1	33	31	43
103	大德溪	5	49	42	18
104	長濱溪	0	23	12	6
105	城埔溪	0	10	13	3
106	馬海溪	0	9	5	7
107	山間溪	0	12	29	12
108	水母溪	13	40	57	82
109	三富溪	0	4	14	3
110	秀姑巒溪	1524	1895	452	2020
111	豐濱溪	158	234	65	150
112	加蘭溪	1	32	43	42

表 5-7 全國各河川流域坡面單元山腳斷層夾角之數量統計

編號	主流名稱	-30°~30°	30°~150°	150°~210°	210°~330°
113	蕃寮溪	4	16	25	32
114	水璉溪	9	64	67	87
115	花蓮溪	1105	1754	430	1658
116	美崙溪	37	48	5	64
117	三棧溪	110	208	41	108
118	立霧溪	604	869	390	859
119	石公溪	27	33	3	7
120	大清水溪	59	98	53	30
121	和平溪	496	762	423	575
122	南澳溪	260	373	256	249
123	東澳溪	29	79	23	13
124	蘇澳溪	20	77	71	63
125	新城溪	32	99	80	92
126	冬山河	56	9	26	60
127	蘭陽溪	743	1069	820	1431
128	得子口溪	3	81	95	58
129	金面溪	0	26	9	8
130	福德溪	3	20	29	5
131	頭城溪	1	13	28	11
132	大溪川	24	74	128	117
133	雙溪	204	246	192	382
134	尖山腳溪	51	64	97	275
135	瑪鍊溪	66	58	75	158
136	員潭溪	14	9	6	62
合計		28448	47802	19971	47598

資料來源：本研究整理

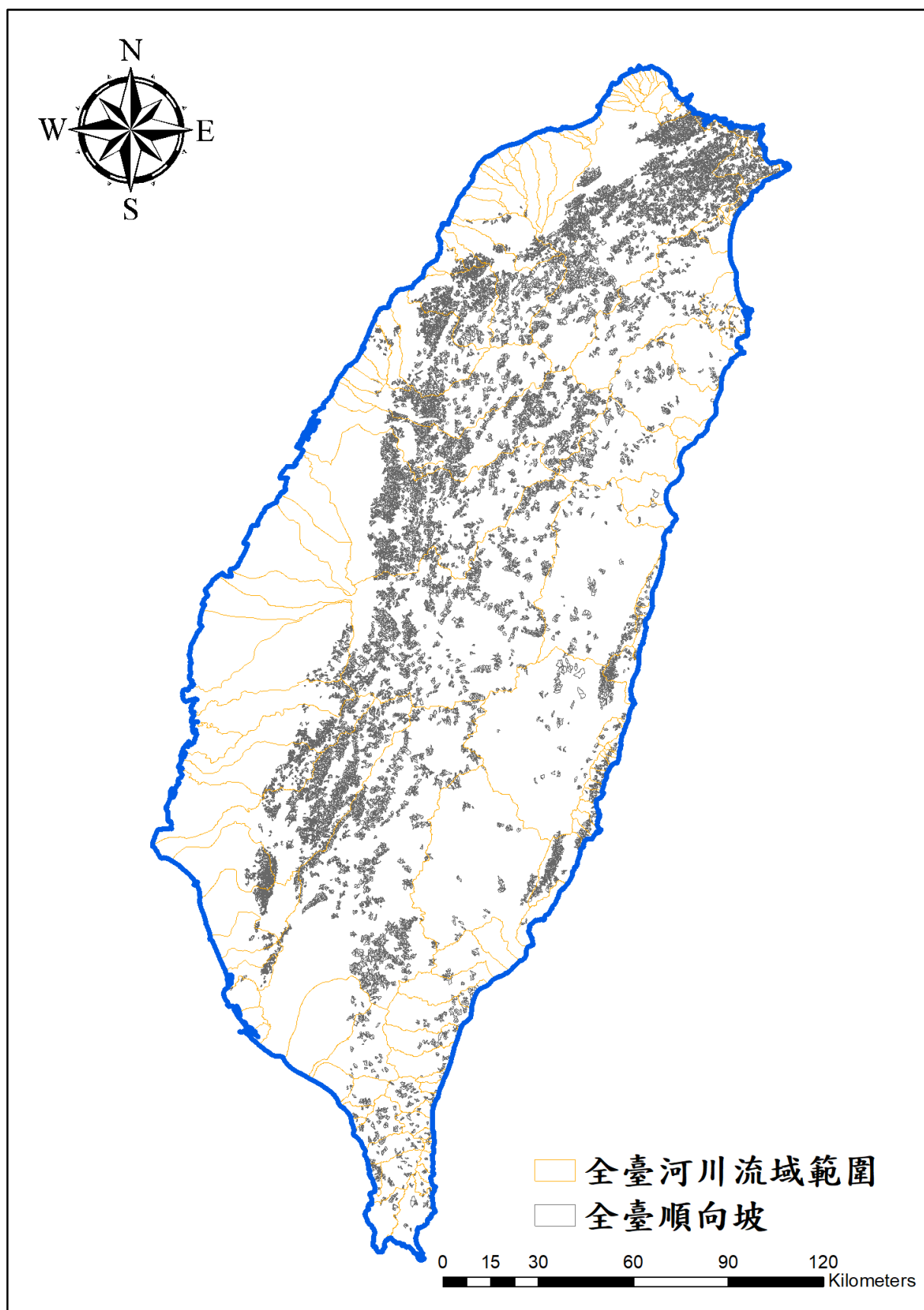


圖 5-2 全臺順向坡分布圖

表 5-8 全國各河川流域坡面單元順向坡之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	非順向坡	順向坡	百分比
1	磺溪	162	160	2	1.23%
2	小坑溪	49	49	0	0.00%
3	乾華溪	37	37	0	0.00%
4	石門溪	31	29	2	6.45%
5	老梅溪	84	84	0	0.00%
6	楓林溪	44	44	0	0.00%
7	埔坪溪	47	47	0	0.00%
8	八蓮溪	44	39	5	11.36%
9	大屯溪	93	84	9	9.68%
10	後州溪	6	6	0	0.00%
11	興仁溪	21	21	0	0.00%
12	林子溪	50	46	4	8.00%
13	淡水河	14907	10996	3911	26.24%
14	水仙溪	132	64	68	51.52%
15	寶斗溪	48	18	30	62.50%
16	林口溪	62	23	39	62.90%
17	南崁溪	463	191	272	58.75%
18	埔心溪	1	1	0	0.00%
19	老街溪	31	25	6	19.35%
20	富林溪	-	-	-	-
21	大堀溪	-	-	-	-
22	觀音溪	-	-	-	-
23	新屋溪	-	-	-	-
24	社子溪	77	34	43	55.84%
25	福興溪排水	-	-	-	-
26	新豐溪	115	26	89	77.39%
27	鳳山溪	1358	618	740	54.49%
28	頭前溪	2250	1345	905	40.22%

表 5-8 全國各河川流域坡面單元順向坡之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	非順向坡	順向坡	百分比
29	客雅溪排水	347	194	153	44.09%
30	鹽港溪排水	510	478	32	6.27%
31	新港溪	27	27	0	0.00%
32	中港溪	2660	2011	649	24.40%
33	後龍溪	3111	1902	1209	38.86%
34	西湖溪	704	616	88	12.50%
35	通霄溪	584	462	122	20.89%
36	苑裡溪	230	144	86	37.39%
37	房裡溪	91	83	8	8.79%
38	大安溪	3458	2611	847	24.49%
39	溫寮溪	23	22	1	4.35%
40	大甲溪	6552	4563	1989	30.36%
41	烏溪	9001	6202	2799	31.10%
42	洋仔厝溪	440	236	204	46.36%
43	員林大排水	214	178	36	16.82%
44	萬興排水幹線	-	-	-	-
45	濁水溪	15773	12990	2783	17.64%
46	新虎尾溪	-	-	-	-
47	舊虎尾溪	-	-	-	-
48	北港溪	1178	967	211	17.91%
49	朴子溪	1171	1011	160	13.66%
50	龍宮溪	-	-	-	-
51	八掌溪	1937	1320	617	31.85%
52	急水溪	1845	1299	546	29.59%
53	將軍溪排水	8	7	1	12.50%
54	曾文溪	8473	5833	2640	31.16%
55	鹽水溪	1103	591	512	46.42%
56	二仁溪	2317	1958	359	15.49%

表 5-8 全國各河川流域坡面單元順向坡之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	非順向坡	順向坡	百分比
57	阿公店溪	409	285	124	30.32%
58	典寶溪排水	221	179	42	19.00%
59	後勁溪	381	338	43	11.29%
60	愛河	55	50	5	9.09%
61	前鎮河	42	42	0	0.00%
62	鹽水港溪	27	25	2	7.41%
63	高屏溪	14788	12412	2376	16.07%
64	東港溪	465	434	31	6.67%
65	林邊溪	1048	1038	10	0.95%
66	北勢溪	84	83	1	1.19%
67	率芒溪	400	389	11	2.75%
68	南湖溪	158	158	0	0.00%
69	十里溪	52	52	0	0.00%
70	枋山溪	681	667	14	2.06%
71	楓港溪	606	562	44	7.26%
72	石盤溪	162	149	13	8.02%
73	四重溪	721	699	22	3.05%
74	保力溪	498	484	14	2.81%
75	港口溪	898	893	5	0.56%
76	九棚溪	131	130	1	0.76%
77	港子溪	102	102	0	0.00%
78	旭海溪	180	171	9	5.00%
79	乾溪	52	52	0	0.00%
80	塔瓦溪	27	27	0	0.00%
81	達仁溪	105	105	0	0.00%
82	安朔溪	328	319	9	2.74%
83	朝庸溪	101	101	0	0.00%
84	大武溪	533	524	9	1.69%

表 5-8 全國各河川流域坡面單元順向坡之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	非順向坡	順向坡	百分比
85	烏萬溪	116	115	1	0.86%
86	津林溪	92	89	3	3.26%
87	大竹溪	591	571	20	3.38%
88	金崙溪	559	475	84	15.03%
89	太麻里溪	844	834	10	1.18%
90	文里溪	72	72	0	0.00%
91	知本溪	748	742	6	0.80%
92	利嘉溪	550	545	5	0.91%
93	太平溪	197	186	11	5.58%
94	卑南溪	5717	5364	353	6.17%
95	都蘭溪	404	398	6	1.49%
96	馬武溪	1070	984	86	8.04%
97	成功溪	111	100	11	9.91%
98	富家溪	147	135	12	8.16%
99	都威溪	147	130	17	11.56%
100	沙灣溪	165	152	13	7.88%
101	寧埔溪	91	91	0	0.00%
102	竹湖溪	108	108	0	0.00%
103	大德溪	114	114	0	0.00%
104	長濱溪	41	41	0	0.00%
105	城埔溪	26	26	0	0.00%
106	馬海溪	21	21	0	0.00%
107	山間溪	53	53	0	0.00%
108	水母溪	192	179	13	6.77%
109	三富溪	21	20	1	4.76%
110	秀姑巒溪	5891	4858	1033	17.54%
111	豐濱溪	607	534	73	12.03%
112	加蘭溪	118	107	11	9.32%

表 5-8 全國各河川流域坡面單元順向坡之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	非順向坡	順向坡	百分比
113	蕃寮溪	77	72	5	6.49%
114	水璉溪	227	221	6	2.64%
115	花蓮溪	4947	4440	507	10.25%
116	美崙溪	154	142	12	7.79%
117	三棧溪	467	448	19	4.07%
118	立霧溪	2722	2603	119	4.37%
119	石公溪	70	62	8	11.43%
120	大清水溪	240	234	6	2.50%
121	和平溪	2256	2108	148	6.56%
122	南澳溪	1138	1022	116	10.19%
123	東澳溪	144	104	40	27.78%
124	蘇澳溪	231	175	56	24.24%
125	新城溪	303	259	44	14.52%
126	冬山河	151	115	36	23.84%
127	蘭陽溪	4063	3393	670	16.49%
128	得子口溪	237	221	16	6.75%
129	金面溪	43	42	1	2.33%
130	福德溪	57	49	8	14.04%
131	頭城溪	53	48	5	9.43%
132	大溪川	343	315	28	8.16%
133	雙溪	1024	921	103	10.06%
134	尖山腳溪	487	391	96	19.71%
135	瑪鍊溪	357	278	79	22.13%
136	員潭溪	91	86	5	5.49%
合計		143819	114955	28864	20.07%

資料來源：本研究整理

表 5-9 全國各河川流域坡面單元對山腳斷層坡向敏感因子之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	A1	A2	N/A
1	礪溪	162	53	109	0
2	小坑溪	49	18	31	0
3	乾華溪	37	17	20	0
4	石門溪	31	19	12	0
5	老梅溪	84	50	34	0
6	楓林溪	44	36	8	0
7	埔坪溪	47	38	9	0
8	八蓮溪	44	29	15	0
9	大屯溪	93	69	24	0
10	後州溪	6	4	2	0
11	興仁溪	21	10	11	0
12	林子溪	50	27	23	0
13	淡水河	14907	5487	9420	0
14	水仙溪	132	55	77	0
15	寶斗溪	48	17	31	0
16	林口溪	62	21	41	0
17	南崁溪	463	148	315	0
18	埔心溪	1	0	1	0
19	老街溪	31	17	14	0
20	富林溪	-	-	-	-
21	大堀溪	-	-	-	-
22	觀音溪	-	-	-	-
23	新屋溪	-	-	-	-
24	社子溪	77	57	20	0
25	福興溪排水	-	-	-	-
26	新豐溪	115	96	19	0
27	鳳山溪	1358	978	380	0
28	頭前溪	2250	1406	844	0

表 5-9 全國各河川流域坡面單元對山腳斷層坡向敏感因子之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	A1	A2	N/A
29	客雅溪排水	347	220	127	0
30	鹽港溪排水	510	223	287	0
31	新港溪	27	5	22	0
32	中港溪	2660	1499	1161	0
33	後龍溪	3111	1794	1317	0
34	西湖溪	704	273	431	0
35	通霄溪	584	342	242	0
36	苑裡溪	230	145	85	0
37	房裡溪	91	24	67	0
38	大安溪	3458	1668	1790	0
39	溫寮溪	23	6	17	0
40	大甲溪	6552	3381	3171	0
41	烏溪	9001	4792	4205	4
42	洋仔厝溪	440	315	125	0
43	員林大排水	214	149	65	0
44	萬興排水幹線	-	-	-	-
45	濁水溪	15773	6957	8814	2
46	新虎尾溪	-	-	-	-
47	舊虎尾溪	-	-	-	-
48	北港溪	1178	559	619	0
49	朴子溪	1171	440	731	0
50	龍宮溪	-	-	-	-
51	八掌溪	1937	1103	834	0
52	急水溪	1845	957	888	0
53	將軍溪排水	8	5	3	0
54	曾文溪	8473	4675	3797	1
55	鹽水溪	1103	702	401	0
56	二仁溪	2317	977	1340	0

表 5-9 全國各河川流域坡面單元對山腳斷層坡向敏感因子之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	A1	A2	N/A
57	阿公店溪	409	228	181	0
58	典寶溪排水	221	103	118	0
59	後勁溪	381	156	225	0
60	愛河	55	32	23	0
61	前鎮河	42	7	35	0
62	鹽水港溪	27	4	23	0
63	高屏溪	14788	6146	8642	0
64	東港溪	465	135	330	0
65	林邊溪	1048	228	820	0
66	北勢溪	84	45	39	0
67	率芒溪	400	88	312	0
68	南湖溪	158	48	110	0
69	十里溪	52	14	38	0
70	枋山溪	681	222	459	0
71	楓港溪	606	257	349	0
72	石盤溪	162	55	107	0
73	四重溪	721	188	533	0
74	保力溪	498	182	316	0
75	港口溪	898	209	689	0
76	九棚溪	131	39	92	0
77	港子溪	102	39	63	0
78	旭海溪	180	78	102	0
79	乾溪	52	19	33	0
80	塔瓦溪	27	10	17	0
81	達仁溪	105	31	74	0
82	安朔溪	328	75	253	0
83	朝庸溪	101	39	62	0
84	大武溪	533	119	414	0

表 5-9 全國各河川流域坡面單元對山腳斷層坡向敏感因子之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	A1	A2	N/A
85	烏萬溪	116	33	83	0
86	津林溪	92	24	68	0
87	大竹溪	591	148	443	0
88	金崙溪	559	198	361	0
89	太麻里溪	844	275	569	0
90	文里溪	72	19	53	0
91	知本溪	748	243	505	0
92	利嘉溪	550	132	418	0
93	太平溪	197	83	114	0
94	卑南溪	5717	1989	3728	0
95	都蘭溪	404	130	274	0
96	馬武溪	1070	445	625	0
97	成功溪	111	66	45	0
98	富家溪	147	61	86	0
99	都威溪	147	66	81	0
100	沙灣溪	165	68	97	0
101	寧埔溪	91	56	35	0
102	竹湖溪	108	32	76	0
103	大德溪	114	47	67	0
104	長濱溪	41	12	29	0
105	城埔溪	26	13	13	0
106	馬海溪	21	5	16	0
107	山間溪	53	29	24	0
108	水母溪	192	80	112	0
109	三富溪	21	14	7	0
110	秀姑巒溪	5891	2715	3176	0
111	豐濱溪	607	269	338	0
112	加蘭溪	118	52	66	0

表 5-9 全國各河川流域坡面單元對山腳斷層坡向敏感因子之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	A1	A2	N/A
113	蕃寮溪	77	34	43	0
114	水璉溪	227	81	146	0
115	花蓮溪	4947	1867	3080	0
116	美崙溪	154	49	105	0
117	三棧溪	467	162	305	0
118	立霧溪	2722	1065	1657	0
119	石公溪	70	33	37	0
120	大清水溪	240	113	127	0
121	和平溪	2256	1013	1243	0
122	南澳溪	1138	582	556	0
123	東澳溪	144	76	68	0
124	蘇澳溪	231	122	109	0
125	新城溪	303	141	162	0
126	冬山河	151	93	58	0
127	蘭陽溪	4063	1874	2189	0
128	得子口溪	237	98	139	0
129	金面溪	43	9	34	0
130	福德溪	57	32	25	0
131	頭城溪	53	29	24	0
132	大溪川	343	152	191	0
133	雙溪	1024	396	628	0
134	尖山腳溪	487	148	339	0
135	瑪鍊溪	357	141	216	0
136	員潭溪	91	20	71	0
合計		143819	64293	79519	7

資料來源：本研究整理

三、坡度分級

坡度分級分類方法如前節所述，坡面單元的坡度分級參考水土保持技術規範 (2020) 坡度分級定義，將坡度自五級坡之上下界簡化為三個分類，定義為 S1(緩坡)、S2(中坡) 以及 S3(陡坡)。各河川流域坡面單元坡度分級以坡面斜率法決定，利用 DEM 套取高程後與以計算。進一步地，坡面單元坡度分類即依據前述之分類方法予以決定，各河川流域坡面單元坡度分類如表 5-10 所示，各類坡面之坡度被分類為 S1、S2、S3 二類，其中 S1 類 53619 個坡面，S2 類 35111 個坡面，S3 類 43387 個坡面。由於目前坡地易損性曲線僅涵蓋水土保持技術規範 (2020) 三~七級坡，一、二級坡和平坡坡面則被歸屬於不適用地質 (N/A)，共計有 11702 個坡面。在後續分析中將不作評估。由表 5-10 中可知，大部分坡面單元仍屬有效地質，僅少數坡面單元不適用，約佔 8%。

表 5-10 全國各河川流域坡面單元坡度分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	S1	S2	S3	N/A
1	磺溪	162	100	40	12	10
2	小坑溪	49	27	0	0	22
3	乾華溪	37	23	2	0	12
4	石門溪	31	8	0	0	23
5	老梅溪	84	47	11	2	24
6	楓林溪	44	9	0	0	35
7	埔坪溪	47	15	0	0	32
8	八蓮溪	44	22	7	0	15
9	大屯溪	93	22	12	2	57
10	後州溪	6	0	0	0	6
11	興仁溪	21	7	0	0	14
12	林子溪	50	23	13	2	12
13	淡水河	14907	7218	4348	2819	522
14	水仙溪	132	95	5	0	32
15	寶斗溪	48	33	1	0	14
16	林口溪	62	32	0	0	30
17	南崁溪	463	222	6	1	234
18	埔心溪	1	0	0	0	1
19	老街溪	31	16	0	0	15
20	富林溪	-	-	-	-	-
21	大堀溪	-	-	-	-	-
22	觀音溪	-	-	-	-	-
23	新屋溪	-	-	-	-	-
24	社子溪	77	26	1	0	50
25	福興溪排水	-	-	-	-	-
26	新豐溪	115	61	1	0	53
27	鳳山溪	1358	909	99	26	324
28	頭前溪	2250	759	770	596	125

表 5-10 全國各河川流域坡面單元坡度分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	S1	S2	S3	N/A
29	客雅溪排水	347	201	9	0	137
30	鹽港溪排水	510	200	6	1	303
31	新港溪	27	6	0	0	21
32	中港溪	2660	1560	399	211	490
33	後龍溪	3111	1789	653	361	308
34	西湖溪	704	383	33	5	283
35	通霄溪	584	294	6	1	283
36	苑裡溪	230	88	1	0	141
37	房裡溪	91	73	3	1	14
38	大安溪	3458	970	804	1617	67
39	溫寮溪	23	18	2	0	3
40	大甲溪	6552	1175	1548	3637	192
41	烏溪	9001	4154	1918	2052	877
42	洋仔厝溪	440	216	4	2	218
43	員林大排水	214	202	3	1	8
44	萬興排水幹線	-	-	-	-	-
45	濁水溪	15773	3349	4364	7736	324
46	新虎尾溪	-	-	-	-	-
47	舊虎尾溪	-	-	-	-	-
48	北港溪	1178	804	67	42	265
49	朴子溪	1171	708	119	104	240
50	龍宮溪	-	-	-	-	-
51	八掌溪	1937	1051	403	229	254
52	急水溪	1845	1293	184	67	301
53	將軍溪排水	8	5	0	0	3
54	曾文溪	8473	4478	1841	981	1173
55	鹽水溪	1103	520	27	9	547
56	二仁溪	2317	1358	149	19	791

表 5-10 全國各河川流域坡面單元坡度分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	S1	S2	S3	N/A
57	阿公店溪	409	231	21	5	152
58	典寶溪排水	221	149	11	0	61
59	後勁溪	381	231	20	5	125
60	愛河	55	38	2	0	15
61	前鎮河	42	12	0	0	30
62	鹽水港溪	27	13	1	0	13
63	高屏溪	14788	3772	3991	6113	912
64	東港溪	465	176	169	94	26
65	林邊溪	1048	219	382	421	26
66	北勢溪	84	58	7	1	18
67	率芒溪	400	105	152	141	2
68	南湖溪	158	72	59	24	3
69	十里溪	52	35	15	2	0
70	枋山溪	681	260	303	109	9
71	楓港溪	606	413	143	29	21
72	石盤溪	162	101	39	11	11
73	四重溪	721	558	108	23	32
74	保力溪	498	262	19	0	217
75	港口溪	898	623	41	3	231
76	九棚溪	131	115	11	0	5
77	港子溪	102	84	5	1	12
78	旭海溪	180	155	12	2	11
79	乾溪	52	38	6	3	5
80	塔瓦溪	27	21	5	1	0
81	達仁溪	105	91	12	1	1
82	安朔溪	328	256	57	9	6
83	朝庸溪	101	86	6	0	9
84	大武溪	533	209	214	102	8

表 5-10 全國各河川流域坡面單元坡度分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	S1	S2	S3	N/A
85	烏萬溪	116	96	15	2	3
86	津林溪	92	54	33	5	0
87	大竹溪	591	178	260	151	2
88	金崙溪	559	110	212	236	1
89	太麻里溪	844	171	337	333	3
90	文里溪	72	39	26	5	2
91	知本溪	748	179	323	241	5
92	利嘉溪	550	83	193	269	5
93	太平溪	197	95	67	19	16
94	卑南溪	5717	1193	1844	2575	105
95	都蘭溪	404	156	41	114	93
96	馬武溪	1070	592	249	152	77
97	成功溪	111	56	17	31	7
98	富家溪	147	68	28	43	8
99	都威溪	147	62	39	43	3
100	沙灣溪	165	106	7	45	7
101	寧埔溪	91	55	8	17	11
102	竹湖溪	108	70	22	8	8
103	大德溪	114	72	12	24	6
104	長濱溪	41	14	1	13	13
105	城埔溪	26	9	3	6	8
106	馬海溪	21	6	1	7	7
107	山間溪	53	20	8	16	9
108	水母溪	192	72	58	58	4
109	三富溪	21	16	3	1	1
110	秀姑巒溪	5891	1493	1657	2573	168
111	豐濱溪	607	366	155	81	5
112	加蘭溪	118	85	21	7	5

表 5-10 全國各河川流域坡面單元坡度分類之數量統計

編號	主流名稱	坡面單元總數	S1	S2	S3	N/A
113	蕃寮溪	77	65	5	4	3
114	水璉溪	227	133	48	38	8
115	花蓮溪	4947	876	1311	2710	50
116	美崙溪	154	12	33	107	2
117	三棧溪	467	14	86	367	0
118	立霧溪	2722	178	676	1865	3
119	石公溪	70	0	3	67	0
120	大清水溪	240	1	14	224	1
121	和平溪	2256	346	787	1118	5
122	南澳溪	1138	234	466	436	2
123	東澳溪	144	18	43	81	2
124	蘇澳溪	231	92	92	41	6
125	新城溪	303	78	129	96	0
126	冬山河	151	80	49	19	3
127	蘭陽溪	4063	1191	1507	1335	30
128	得子口溪	237	139	71	22	5
129	金面溪	43	24	15	4	0
130	福德溪	57	23	24	10	0
131	頭城溪	53	45	7	1	0
132	大溪川	343	168	127	40	8
133	雙溪	1024	733	177	53	61
134	尖山腳溪	487	333	86	36	32
135	瑪鍊溪	357	297	39	2	19
136	員潭溪	91	71	6	0	14
合計		143819	53619	35111	43387	11702

資料來源：本研究整理

四、坡面單元分類

完成前述地質、坡向敏感度、坡度等坡面單元屬性分析後，即可據以進行坡面單元分類，根據前述因子定義之分類將坡面環境因子分類屬性賦予固定編碼，以 G(地質)、A(坡向敏感)、S(坡度)之編號順序組合，其中包括地質二類、坡向敏感二類以及坡度三類，共計 12 種類型坡地組合。

由於坡面屬性分析中具有不適用坡面 (N/A)，這些坡面屬性組合後將形成無效坡面，經綜合分析後各河川流域坡面單元統計如表 5-11 所示，在 143819 個坡面中，有效坡面為 130619 個坡面，無效坡面數量為 13200 個坡面，有效坡面比例達 90.82%。少數的有效坡面比例較低，例如後州溪流域、埔心溪流域、楓林溪流域等低於 50%，主要原因是該類坡面原本的有效坡面數量較少，因此比例較低。綜上所述，後續坡面單元評估實際數量為 130619 個坡面，選定之斷層帶不影響坡面單元評估之數量，各區之崩塌評估基礎資料庫亦不影響坡面單元評估之數量。

防護斷層模式之全台河川流域坡面分類結果表 5-12 及表 5-13 所示，各河川流域中各類坡面單元總計 130619 個，其中 G1 類型的坡面共 98061 個，其中 G1A1S1 類 11530 個、G1A1S2 類 13185 個、G1A1S3 類 17412 個、G1A2S1 類 15121 個、G1A2S2 類 17116 個、G1A2S3 類 23697 個；G2 類型的坡面共 32558 個，其中 G2A1S1 類 12598 個、G2A1S2 類 2224 個、G2A1S3 類 1059 個、G2A2S1 類 13184 個、G2A2S2 類 2370 個、G2A2S3 類 1123 個；前述以 G1A2S3 最多，G2A1S3 最少，各類坡面單元分布與區域震源模式差異不大，但也更均勻。各類坡面數量總和如表 5-12 及表 5-13 最後一列所示。

由於全台坡面單元涵蓋 127 個河川流域，篇幅有限無法全部呈現分類結果，選取較具代表性之淡水河流域 (編號 13)、烏溪流域 (編號 41)、濁水溪流域 (編號 45)、高屏溪流域 (編號 63) 為範例，呈現各集水區坡地崩塌評估基礎資料庫建立成果，如圖 5-3 ~ 圖 5-6 所示。

表 5-11 全國各河川流域坡面單元有效數量統計

主流編號	有效數量	無效數量	有效比例	主流編號	有效數量	無效數量	有效比例
1	151	11	93.21%	25	-	-	-
2	27	22	55.10%	26	62	53	53.91%
3	25	12	67.57%	27	1005	353	74.01%
4	8	23	25.81%	28	2107	143	93.64%
5	60	24	71.43%	29	210	137	60.52%
6	9	35	20.45%	30	207	303	40.59%
7	15	32	31.91%	31	6	21	22.22%
8	29	15	65.91%	32	2147	513	80.71%
9	36	57	38.71%	33	2764	347	88.85%
10	0	6	0.00%	34	392	312	55.68%
11	7	14	33.33%	35	297	287	50.86%
12	38	12	76.00%	36	75	155	32.61%
13	14300	607	95.93%	37	77	14	84.62%
14	94	38	71.21%	38	3376	82	97.63%
15	25	23	52.08%	39	20	3	86.96%
16	20	42	32.26%	40	6346	206	96.86%
17	222	241	47.95%	41	7995	1006	88.82%
18	0	1	0.00%	42	219	221	49.77%
19	16	15	51.61%	43	206	8	96.26%
20	-	-	-	44	-	-	-
21	-	-	-	45	15352	421	97.33%
22	-	-	-	46	-	-	-
23	-	-	-	47	-	-	-
24	27	50	35.06%	48	910	268	77.25%

表 5-11 全國各河川流域坡面單元有效數量統計

主流編號	有效數量	無效數量	有效比例	主流編號	有效數量	無效數量	有效比例
49	914	257	78.05%	70	670	11	98.38%
50	-	-	-	71	581	25	95.87%
51	1636	301	84.46%	72	149	13	91.98%
52	1530	315	82.93%	73	683	38	94.73%
53	5	3	62.50%	74	275	223	55.22%
54	7265	1208	85.74%	75	660	238	73.50%
55	553	550	50.14%	76	126	5	96.18%
56	1525	792	65.82%	77	87	15	85.29%
57	255	154	62.35%	78	169	11	93.89%
58	152	69	68.78%	79	47	5	90.38%
59	256	125	67.19%	80	27	0	100.00%
60	40	15	72.73%	81	104	1	99.05%
61	12	30	28.57%	82	321	7	97.87%
62	14	13	51.85%	83	92	9	91.09%
63	13708	1080	92.70%	84	524	9	98.31%
64	436	29	93.76%	85	113	3	97.41%
65	1022	26	97.52%	86	92	0	100.00%
66	66	18	78.57%	87	588	3	99.49%
67	398	2	99.50%	88	552	7	98.75%
68	155	3	98.10%	89	837	7	99.17%
69	52	0	100.00%	90	66	6	91.67%
91	739	9	98.80%	112	113	5	95.76%
92	544	6	98.91%	113	74	3	96.10%
93	171	26	86.80%	114	219	8	96.48%

表 5-11 全國各河川流域坡面單元有效數量統計

主流編號	有效數量	無效數量	有效比例	主流編號	有效數量	無效數量	有效比例
94	5536	181	96.83%	115	4841	106	97.86%
95	304	100	75.25%	116	143	11	92.86%
96	931	139	87.01%	117	463	4	99.14%
97	80	31	72.07%	118	2707	15	99.45%
98	128	19	87.07%	119	69	1	98.57%
99	143	4	97.28%	120	238	2	99.17%
100	154	11	93.33%	121	2246	10	99.56%
101	79	12	86.81%	122	1133	5	99.56%
102	100	8	92.59%	123	139	5	96.53%
103	103	11	90.35%	124	225	6	97.40%
104	27	14	65.85%	125	299	4	98.68%
105	10	16	38.46%	126	133	18	88.08%
106	12	9	57.14%	127	3900	163	95.99%
107	38	15	71.70%	128	207	30	87.34%
108	188	4	97.92%	129	38	5	88.37%
109	20	1	95.24%	130	56	1	98.25%
110	5612	279	95.26%	131	53	0	100.00%
111	602	5	99.18%	132	335	8	97.67%
133	959	65	93.65%	135	338	19	94.68%
134	454	33	93.22%	136	77	14	84.62%
				合計	130619	13200	90.82%

資料來源：本研究整理

表 5-12 防護斷層模式各河川流域坡面單元類型之數量統計-G1 類

編號	主流名稱	G1A1S1	G1A1S2	G1A1S3	G1A2S1	G1A2S2	G1A2S3	合計
1	礪溪	11	10	4	37	9	4	75
2	小坑溪	1	0	0	1	0	0	2
3	乾華溪	0	1	0	3	1	0	5
4	石門溪	0	0	0	0	0	0	0
5	老梅溪	18	5	1	10	4	1	39
6	楓林溪	4	0	0	0	0	0	4
7	埔坪溪	9	0	0	6	0	0	15
8	八蓮溪	11	3	0	11	4	0	29
9	大屯溪	6	10	0	4	1	2	23
10	後州溪	0	0	0	0	0	0	0
11	興仁溪	1	0	0	2	0	0	3
12	林子溪	6	4	0	3	5	0	18
13	淡水河	2283	1519	1075	3877	2717	1715	13186
14	水仙溪	2	0	0	1	0	0	3
15	寶斗溪	0	0	0	0	0	0	0
16	林口溪	0	0	0	0	0	0	0
17	南崁溪	0	0	0	4	0	0	4
18	埔心溪	0	0	0	0	0	0	0
19	老街溪	0	0	0	0	0	0	0
20	富林溪	0	0	0	0	0	0	0
21	大堀溪	0	0	0	0	0	0	0
22	觀音溪	0	0	0	0	0	0	0
23	新屋溪	0	0	0	0	0	0	0
24	社子溪	0	0	0	0	0	0	0
25	福興溪排水	0	0	0	0	0	0	0
26	新豐溪	0	0	0	0	0	0	0
27	鳳山溪	252	73	18	84	15	4	446
28	頭前溪	273	480	399	134	246	192	1724

表 5-12 防護斷層模式各河川流域坡面單元類型之數量統計-G1 類

編號	主流名稱	G1A1S1	G1A1S2	G1A1S3	G1A2S1	G1A2S2	G1A2S3	合計
29	客雅溪排水	0	0	0	0	0	0	0
30	鹽港溪排水	0	0	0	0	0	0	0
31	新港溪	0	0	0	0	0	0	0
32	中港溪	320	195	102	201	143	93	1054
33	後龍溪	600	322	172	384	238	157	1873
34	西湖溪	33	7	0	48	14	2	104
35	通霄溪	0	0	0	0	0	0	0
36	苑裡溪	0	0	0	0	0	0	0
37	房裡溪	0	0	0	0	0	0	0
38	大安溪	247	333	722	261	386	849	2798
39	溫寮溪	0	0	0	0	0	0	0
40	大甲溪	378	631	1667	322	662	1599	5259
41	烏溪	329	545	911	329	483	837	3434
42	洋仔厝溪	0	0	0	0	0	0	0
43	員林大排水	0	0	0	0	0	0	0
44	萬興排水幹線	0	0	0	0	0	0	0
45	濁水溪	945	1757	3192	1159	2136	4230	13419
46	新虎尾溪	0	0	0	0	0	0	0
47	舊虎尾溪	0	0	0	0	0	0	0
48	北港溪	40	18	19	19	18	11	125
49	朴子溪	49	62	44	60	32	44	291
50	龍宮溪	0	0	0	0	0	0	0
51	八掌溪	200	169	92	148	137	84	830
52	急水溪	112	44	25	96	28	19	324
53	將軍溪排水	0	0	0	0	0	0	0
54	曾文溪	707	784	480	521	565	392	3449
55	鹽水溪	0	0	0	0	0	0	0
56	二仁溪	46	11	3	41	16	1	118

表 5-12 防護斷層模式各河川流域坡面單元類型之數量統計-G1 類

編號	主流名稱	G1A1S1	G1A1S2	G1A1S3	G1A2S1	G1A2S2	G1A2S3	合計
57	阿公店溪	19	0	0	11	0	1	31
58	典寶溪排水	0	0	0	4	0	0	4
59	後勁溪	0	0	0	0	0	0	0
60	愛河	1	0	0	0	0	0	1
61	前鎮河	0	0	0	0	0	0	0
62	鹽水港溪	0	0	0	0	0	0	0
63	高屏溪	1058	1538	2654	1613	2290	3409	12562
64	東港溪	42	45	35	119	120	59	420
65	林邊溪	50	72	88	156	306	328	1000
66	北勢溪	25	6	1	23	1	0	56
67	率芒溪	20	28	38	79	124	103	392
68	南湖溪	23	14	11	49	45	13	155
69	十里溪	9	4	0	26	10	2	51
70	枋山溪	83	93	29	147	200	78	630
71	楓港溪	149	52	10	204	75	16	506
72	石盤溪	25	13	4	63	26	6	137
73	四重溪	128	17	7	329	74	12	567
74	保力溪	53	4	0	96	10	0	163
75	港口溪	89	5	0	319	23	2	438
76	九棚溪	37	1	0	70	6	0	114
77	巷子溪	22	3	1	49	0	0	75
78	旭海溪	50	3	0	77	6	1	137
79	乾溪	8	2	1	18	1	1	31
80	塔瓦溪	7	1	0	11	4	0	23
81	達仁溪	23	1	1	52	9	0	86
82	安朔溪	34	15	3	158	37	4	251
83	朝庸溪	23	2	0	35	2	0	62
84	大武溪	43	44	10	133	153	86	469

表 5-12 防護斷層模式各河川流域坡面單元類型之數量統計-G1 類

編號	主流名稱	G1A1S1	G1A1S2	G1A1S3	G1A2S1	G1A2S2	G1A2S3	合計
85	烏萬溪	31	1	0	54	12	2	100
86	津林溪	15	4	1	37	23	4	84
87	大竹溪	37	73	23	120	164	120	537
88	金崙溪	25	88	82	80	118	150	543
89	太麻里溪	47	111	110	118	214	222	822
90	文里溪	4	7	4	26	17	1	59
91	知本溪	61	107	71	108	214	167	728
92	利嘉溪	24	40	66	56	149	203	538
93	太平溪	18	24	4	11	37	14	108
94	卑南溪	287	690	740	391	1064	1816	4988
95	都蘭溪	2	7	27	10	4	35	85
96	馬武溪	45	29	28	56	27	30	215
97	成功溪	3	2	15	0	2	10	32
98	富家溪	3	7	9	5	7	24	55
99	都威溪	0	10	14	6	16	22	68
100	沙灣溪	0	0	6	0	1	10	17
101	寧埔溪	0	0	5	0	0	1	6
102	竹湖溪	0	0	0	0	0	0	0
103	大德溪	0	0	4	0	0	5	9
104	長濱溪	0	0	2	0	0	3	5
105	城埔溪	0	0	4	0	0	0	4
106	馬海溪	0	0	0	0	0	5	5
107	山間溪	0	0	1	0	0	3	4
108	水母溪	12	10	15	20	19	24	100
109	三富溪	2	0	0	0	0	0	2
110	秀姑巒溪	388	740	1112	437	694	1371	4742
111	豐濱溪	13	3	4	27	12	9	68
112	加蘭溪	4	0	0	4	0	0	8

表 5-12 防護斷層模式各河川流域坡面單元類型之數量統計-G1 類

編號	主流名稱	G1A1S1	G1A1S2	G1A1S3	G1A2S1	G1A2S2	G1A2S3	合計
113	蕃寮溪	2	0	1	4	0	0	7
114	水璉溪	0	0	0	1	2	0	3
115	花蓮溪	217	460	968	305	745	1724	4419
116	美崙溪	0	4	37	5	25	64	135
117	三棧溪	4	33	122	6	52	239	456
118	立霧溪	92	296	664	85	373	1190	2700
119	石公溪	0	0	23	0	1	15	39
120	大清水溪	0	5	95	0	4	101	205
121	和平溪	178	353	455	168	422	629	2205
122	南澳溪	110	230	179	89	198	224	1030
123	東澳溪	5	18	29	6	12	28	98
124	蘇澳溪	23	24	12	19	35	10	123
125	新城溪	23	48	45	27	69	49	261
126	冬山河	16	26	8	10	14	7	81
127	蘭陽溪	433	625	547	456	713	746	3520
128	得子口溪	50	16	7	54	39	11	177
129	金面溪	2	3	1	18	9	2	35
130	福德溪	14	13	5	8	10	4	54
131	頭城溪	20	0	0	5	2	0	27
132	大溪川	56	45	16	56	52	14	239
133	雙溪	230	61	23	371	103	27	815
134	尖山腳溪	48	11	7	142	51	5	264
135	瑪鍊溪	72	13	2	97	8	0	192
136	員潭溪	10	2	0	16	1	0	29
合計		11530	13185	17412	15121	17116	23697	98061

資料來源：本研究整理

表 5-13 山腳斷層各河川流域坡面單元類型之數量統計-G2 類

編號	主流名稱	G2A1S1	G2A1S2	G2A1S3	G2A2S1	G2A2S2	G2A2S3	合計
1	磺溪	15	6	3	36	15	1	76
2	小坑溪	8	0	0	17	0	0	25
3	乾華溪	8	0	0	12	0	0	20
4	石門溪	2	0	0	6	0	0	8
5	老梅溪	9	1	0	10	1	0	21
6	楓林溪	3	0	0	2	0	0	5
7	埔坪溪	0	0	0	0	0	0	0
8	八蓮溪	0	0	0	0	0	0	0
9	大屯溪	5	0	0	7	1	0	13
10	後州溪	0	0	0	0	0	0	0
11	興仁溪	1	0	0	3	0	0	4
12	林子溪	9	3	0	5	1	2	20
13	淡水河	332	29	10	648	76	19	1114
14	水仙溪	34	3	0	52	2	0	91
15	寶斗溪	6	0	0	18	1	0	25
16	林口溪	3	0	0	17	0	0	20
17	南崁溪	70	2	0	141	4	1	218
18	埔心溪	0	0	0	0	0	0	0
19	老街溪	9	0	0	7	0	0	16
20	富林溪	-	-	-	-	-	-	-
21	大堀溪	-	-	-	-	-	-	-
22	觀音溪	-	-	-	-	-	-	-
23	新屋溪	-	-	-	-	-	-	-
24	社子溪	3	0	0	23	1	0	27
25	福興溪排水	-	-	-	-	-	-	-
26	新豐溪	15	0	0	46	1	0	62
27	鳳山溪	159	2	2	387	8	1	559
28	頭前溪	111	17	1	225	26	3	383

表 5-13 山腳斷層各河川流域坡面單元類型之數量統計-G2 類

編號	主流名稱	G2A1S1	G2A1S2	G2A1S3	G2A2S1	G2A2S2	G2A2S3	合計
29	客雅溪排水	73	3	0	128	6	0	210
30	鹽港溪排水	60	0	0	140	6	1	207
31	新港溪	0	0	0	6	0	0	6
32	中港溪	294	15	6	724	44	10	1093
33	後龍溪	243	21	8	525	72	22	891
34	西湖溪	92	3	1	183	7	2	288
35	通霄溪	73	3	1	217	3	0	297
36	苑裡溪	27	0	0	47	1	0	75
37	房裡溪	11	0	0	62	3	1	77
38	大安溪	170	32	18	284	48	26	578
39	溫寮溪	9	0	0	9	2	0	20
40	大甲溪	145	94	125	317	160	246	1087
41	烏溪	1281	314	104	2102	563	197	4561
42	洋仔厝溪	67	2	1	146	2	1	219
43	員林大排水	64	0	0	138	3	1	206
44	萬興排水幹線	-	-	-	-	-	-	-
45	濁水溪	448	139	96	730	318	202	1933
46	新虎尾溪	-	-	-	-	-	-	-
47	舊虎尾溪	-	-	-	-	-	-	-
48	北港溪	200	10	2	542	21	10	785
49	朴子溪	200	10	6	383	14	10	623
50	龍宮溪	-	-	-	-	-	-	-
51	八掌溪	213	41	21	451	49	31	806
52	急水溪	322	29	7	751	81	16	1206
53	將軍溪排水	1	0	0	4	0	0	5
54	曾文溪	993	135	34	2226	355	73	3816
55	鹽水溪	162	5	2	355	22	7	553
56	二仁溪	412	47	4	858	75	11	1407

表 5-13 山腳斷層各河川流域坡面單元類型之數量統計-G2 類

編號	主流名稱	G2A1S1	G2A1S2	G2A1S3	G2A2S1	G2A2S2	G2A2S3	合計
57	阿公店溪	69	5	0	130	16	4	224
58	典寶溪排水	49	6	0	89	4	0	148
59	後勁溪	82	3	3	149	17	2	256
60	愛河	15	2	0	22	0	0	39
61	前鎮河	4	0	0	8	0	0	12
62	鹽水港溪	5	0	0	8	1	0	14
63	高屏溪	343	35	9	624	106	29	1146
64	東港溪	6	1	0	6	3	0	16
65	林邊溪	5	1	4	8	3	1	22
66	北勢溪	2	0	0	8	0	0	10
67	率芒溪	4	0	0	2	0	0	6
68	南湖溪	0	0	0	0	0	0	0
69	十里溪	0	0	0	0	1	0	1
70	枋山溪	9	9	1	19	1	1	40
71	楓港溪	22	7	1	34	9	2	75
72	石盤溪	6	0	0	5	0	1	12
73	四重溪	38	5	1	58	11	3	116
74	保力溪	45	1	0	62	4	0	112
75	港口溪	74	2	1	134	11	0	222
76	九棚溪	4	1	0	4	3	0	12
77	港子溪	3	0	0	7	2	0	12
78	旭海溪	6	0	0	22	3	1	32
79	乾溪	3	0	0	9	3	1	16
80	塔瓦溪	0	0	0	3	0	1	4
81	達仁溪	8	1	0	8	1	0	18
82	安朔溪	16	0	2	47	5	0	70
83	朝庸溪	9	0	0	19	2	0	30
84	大武溪	2	2	5	30	15	1	55

表 5-13 山腳斷層各河川流域坡面單元類型之數量統計-G2 類

編號	主流名稱	G2A1S1	G2A1S2	G2A1S3	G2A2S1	G2A2S2	G2A2S3	合計
85	烏萬溪	4	1	0	7	1	0	13
86	津林溪	0	0	0	2	6	0	8
87	大竹溪	8	6	4	13	17	3	51
88	金崙溪	1	3	0	1	2	2	9
89	太麻里溪	2	2	0	2	8	1	15
90	文里溪	0	1	0	6	0	0	7
91	知本溪	1	2	2	5	0	1	11
92	利嘉溪	0	2	0	3	1	0	6
93	太平溪	16	0	0	42	4	1	63
94	卑南溪	130	21	2	327	56	12	548
95	都蘭溪	48	7	18	91	22	33	219
96	馬武溪	146	46	26	308	135	55	716
97	成功溪	6	6	1	26	6	3	48
98	富家溪	14	5	2	36	9	7	73
99	都威溪	9	1	2	46	12	5	75
100	沙灣溪	26	1	8	76	5	21	137
101	寧埔溪	5	4	1	49	4	10	73
102	竹湖溪	17	8	1	53	14	7	100
103	大德溪	14	3	6	53	9	9	94
104	長濱溪	8	0	1	5	1	7	22
105	城埔溪	0	1	0	1	2	2	6
106	馬海溪	1	0	2	3	1	0	7
107	山間溪	1	1	4	14	6	8	34
108	水母溪	15	6	2	25	23	17	88
109	三富溪	4	0	0	10	3	1	18
110	秀姑巒溪	188	71	26	391	130	64	870
111	豐濱溪	125	49	22	201	91	46	534
112	加蘭溪	21	3	3	56	18	4	105

表 5-13 山腳斷層各河川流域坡面單元類型之數量統計-G2 類

編號	主流名稱	G2A1S1	G2A1S2	G2A1S3	G2A2S1	G2A2S2	G2A2S3	合計
113	蕃寮溪	13	1	2	46	4	1	67
114	水璉溪	41	16	14	91	30	24	216
115	花蓮溪	94	22	8	220	68	10	422
116	美崙溪	1	1	2	2	1	1	8
117	三棧溪	0	0	0	1	1	5	7
118	立霧溪	0	3	1	0	1	2	7
119	石公溪	0	1	11	0	1	17	30
120	大清水溪	0	0	5	1	5	22	33
121	和平溪	0	5	7	0	7	22	41
122	南澳溪	16	11	13	18	26	19	103
123	東澳溪	1	7	8	4	6	15	41
124	蘇澳溪	18	13	7	32	20	12	102
125	新城溪	8	5	2	17	6	0	38
126	冬山河	29	2	3	12	5	1	52
127	蘭陽溪	103	61	19	111	69	17	380
128	得子口溪	11	3	0	12	2	2	30
129	金面溪	1	0	0	1	1	0	3
130	福德溪	0	0	0	1	1	0	2
131	頭城溪	6	3	0	14	2	1	26
132	大溪川	14	12	8	42	18	2	96
133	雙溪	52	7	2	76	6	1	144
134	尖山腳溪	53	4	6	89	20	18	190
135	瑪鍊溪	44	4	0	84	14	0	146
136	員潭溪	8	0	0	37	3	0	48
合計		12598	2224	1059	13184	2370	1123	32558
G1/G2 總計		24128	15409	18471	28305	19486	24820	130619

資料來源：本研究整理

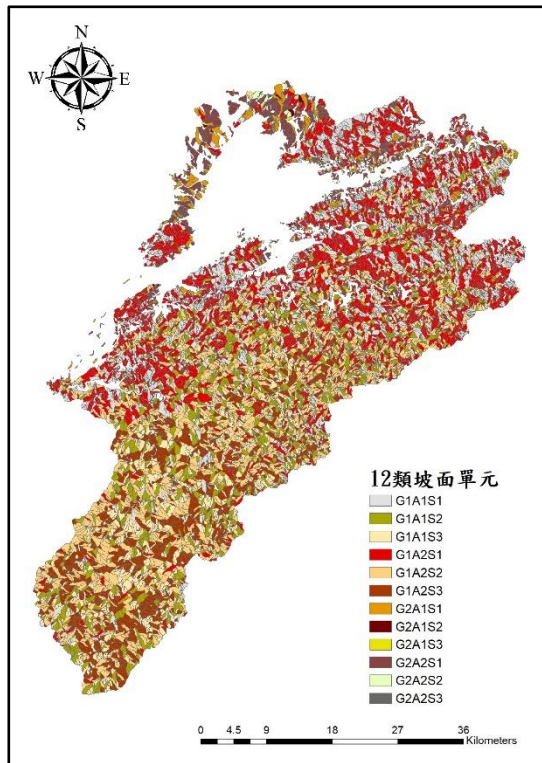


圖 5-3 淡水河流域之山腳斷層坡面單元分類

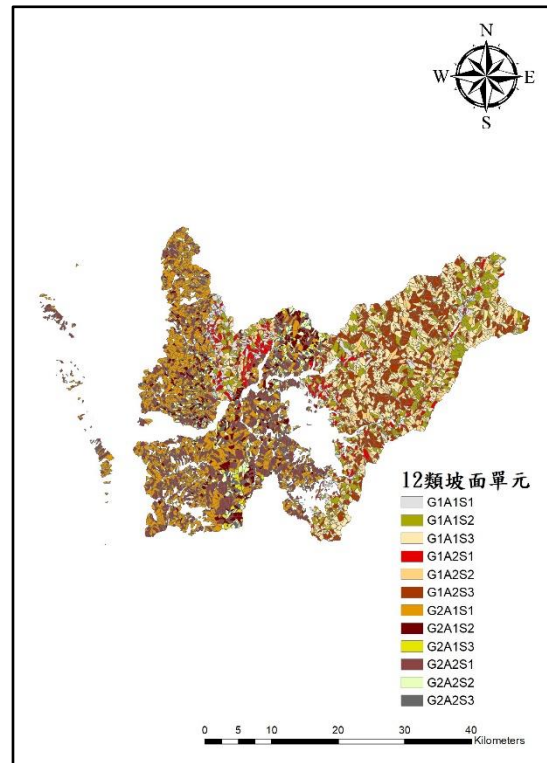


圖 5-4 烏溪流域之山腳斷層坡面單元分類

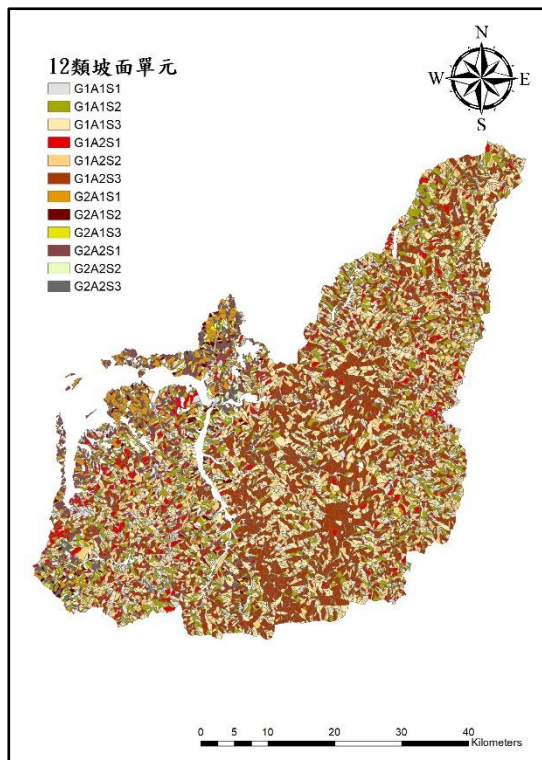


圖 5-5 濁水溪流域之山腳斷層坡面單元分類

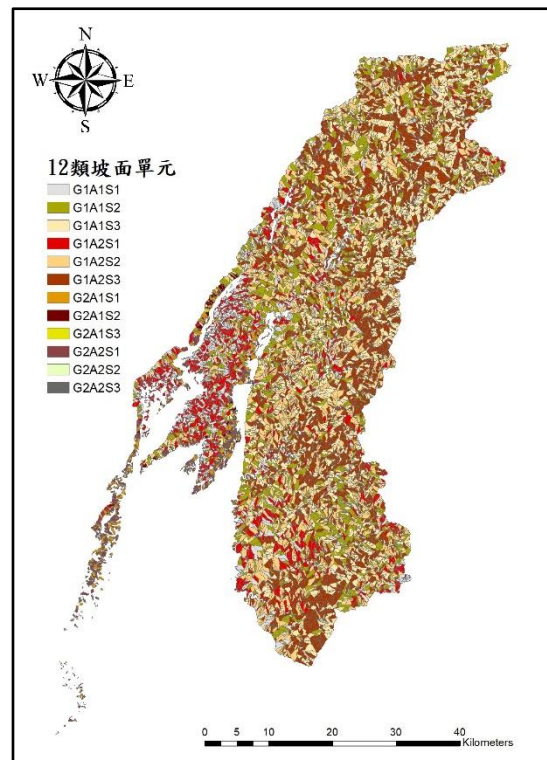


圖 5-6 高屏溪流域之山腳斷層坡面單元分類

第六章 雙指標坡地易損管理模式研析

第一節 地震引致之坡地崩塌評估

本研究對於地震引致之崩塌推估是基於定量風險計算模式，風險管理之方法可應用於災害管理的各個階段，不僅可定量地分析危害可能之風險，亦可由其結果回應擬定或改善危害可能造成損失的策略。在自然災害的應用中，由於災害風險的不確定因素來自許多不同層面，各種應用領域皆有其特定的風險描述或定義，例如以脆弱度為例，Ezell(2007) 列舉出至少 14 種脆弱度之定義，並認為對於風險評估的定義模糊不清，會導致使用時誤解風險分析的結果。因此，聯合國在 2000 年成立的組織 International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)建議在災害管理領域上災害風險應更具體與一致，並建議下式：

$$R = H \times V \quad (6-1)$$

上式為一無因次的量值，對於不同災損問題成因的暴露量，則建議於後果分析中因應風險評價問題的不同而調整。式(6-1) 在風險理論上雖僅係定量風險分析中的其中一種形式，然而對於災害風險分析卻是較為適用的方法，因此本研究採用式(6-1) 建立地震引致崩塌風險分析之計算式。對於暴露量則可利用本研究之風險分析結果，進一步基於實際暴露對象或保全對象進行廣域崩塌定量風險評估和後果分析。

式(6-1) 中之危害度 H 即地震致災因子的發生頻率或規模，於本研究中即為地震災害潛勢，例如經風險鑑別和頻率分析所得到的地表振動強度發生機率、斷層發震機率等；脆弱度 V 即地震引致崩塌風險問題發生的性質、程度或機率，即坡地崩塌的脆弱度，於本研究中即為地震引致坡地崩塌發生的機率，其與坡地類型、地表振動強度大小相關，可經由坡地易損性曲線分析求得。因此，地震引致崩塌機率分析的計算式可表示如下：

$$V = I \times F \quad (6-2)$$

上式中， I 為地表振動強度， F 為坡地易損性。實際上，坡地易損性曲線是以地表振動強度 x 為變量的函式，因此，式(6-2) 可改寫為：

$$V = F(x) \quad (6-3)$$

因此，對於地震引致崩塌風險，式(6-1)則可改寫為：

$$R = H \times F(x) \quad (6-4)$$

上式中， H 與 F 皆為機率值，因此其乘積 R 為一無因次的量值，範圍介於 0~1 之間，此風險值表達的是：在地震發生的特定頻率或特定規模下，某類坡地因致災因子導致坡地發生某種程度以上崩塌之風險。

一、坡面單元之崩塌評估

坡地崩塌評估模式係以式(6-1) 計算某類型坡面在某震度下之崩塌機率值，該機率值表達了崩塌的可能性。依照本研究對於坡面單元之崩塌定義，即表示崩塌率達 5 %以上或崩塌達到一定的水平投影面積之超越機率（隨坡度不同面積不同），因此可將崩塌損失期望值估計在一定範圍。若地表震度達門檻值 ($PGA \geq 250 \text{ cm/s}^2$ ； $PGV \geq 50 \text{ cm/s}$ ，詳見第三章第二節)，則根據本研究崩塌定義，坡面單元最小（至少）崩塌面積 ($AL_{su,min}$) 定義為：

$$AL_{su,min} = 0.05 \times V \times A_{su} \quad (6-5)$$

上式中， A_{su} 為坡面單元之有效面積 (ha)。式 (6-5) 之涵義為崩塌的最樂觀估計，且根據本研究崩塌之定義與坡度相關，因此不同的坡度其坡面單元最小崩塌面積須符合以下條件，否則不估計其崩塌，因此：

- (1) 坡面單元為 S1 類時； $AL_{su,min} \geq 0.28 \text{ ha}$ 存在，否則為 0。
- (2) 坡面單元為 S2 類時； $AL_{su,min} \geq 0.24 \text{ ha}$ 存在，否則為 0。
- (3) 坡面單元為 S3 類時； $AL_{su,min} \geq 0.22 \text{ ha}$ 存在，否則為 0。

而在坡面相近的條件下，坡面單元之最大崩塌面積 ($AL_{su,max}$) 定義為：

$$AL_{su,max} = V \times A_{su} \quad (6-6)$$

上式中之涵義為崩塌的最悲觀估計，同樣須符合以下坡度對應之崩塌條件，否則不估計其崩塌，因此：

(1) 坡面單元為 S1 類時； $AL_{su,max} \geq 0.28$ ha 存在，否則為 0。

(2) 坡面單元為 S2 類時； $AL_{su,max} \geq 0.24$ ha 存在，否則為 0。

(3) 坡面單元為 S3 類時； $AL_{su,max} \geq 0.22$ ha 存在，否則為 0。

式(6-6) 中，坡面單元最大崩塌面積係以崩塌機率和坡面單元有效面積之乘積計算，此計算方式係相對較保守的期望值估計。因此本研究考慮合理的期望值估計，計算最可能之崩塌面積期望值為其平均值，定義 ($AL_{su,pa}$) 為：

$$AL_{su,pa} = \frac{1}{2} \times (AL_{su,min} + AL_{su,max}) \quad (6-7)$$

二、集水區之崩塌評估

根據式(6-5) 和式(6-7) ，某集水區之最小和可能最大崩塌範圍 (AL_{ws}) 估計，可寫為：

$$AL_{ws,min} = \sum AL_{su,min} \quad (6-8)$$

$$AL_{ws,max} = \sum AL_{su,pa} \quad (6-9)$$

而某集水區最小和最大崩塌率 (RL)，則可寫為：

$$RL_{ws,min} = \frac{AL_{ws,min}}{\sum A_{su}} \quad (6-10)$$

$$RL_{ws,max} = \frac{AL_{ws,max}}{\sum A_{su}} \quad (6-11)$$

第二節 雙指標坡地崩塌評估探討

本計畫針對 PGA 與 PGV 指標分別建構不同致災因子之坡地易損性曲線，於震後即可針對此二個致災誘發因子分別進行崩塌可能性評估。在前期計畫的情境模擬結果顯示，致災因子 PGA 和 PGV 在震度衰減率評估下具有不同的尺度特性，由於 PGA 門檻值為 250 cm/s^2 ，大多數一定規模下的地震較易達到此震度值；而 PGV 門檻值為 50 cm/s ，能夠達到此一門檻值則可能需要再更大的地震，因此以 PGA 為致災因子相對於 PGV 而言保守得多，在相同的地震下 PGA 評估之崩塌範圍將更大。根據上述現象及新制地震震度分級係以 5 弱級為界並分別以 PGA 和 PGV 定義的雙震度指標體系，如表 3-1 所示，本計畫之高震度坡地易損性曲線將適用於 6 弱級以上區域。然而，6 弱級以上區域係以 PGV 定義，也就是說評估時是以 6 弱級為啟動評估之門檻，但不能排除有可能因未達 6 弱級，但實際因具較高之 PGA 而產生之崩塌，若僅以 PGV 評估將有較高的漏判可能性，因此建議二者皆應做為坡地易損性模式的震度指標，相互輔助校驗。

為了解 PGA 與 PGV 雙指標體系評估結果的變化關係，採用模擬法針對斷層之情境事件進行不同地震規模下的震後崩塌變化，本計畫以車籠埔、潮州與池上斷層為例，設定發生規模 7.7 地震，評估結果分別參見附錄二～附錄四所示。車籠埔斷層高震度區之集水區崩塌範圍分布如圖 6-1 及圖 6-4 所示，以 PGA 為因子之全台可能總崩塌面積為 $277.17 \sim 15118.84 \text{ ha}$ ，以 PGV 為因子之全台可能總崩塌面積為 $647.49 \sim 21347.14 \text{ ha}$ ；潮州斷層高震度區之集水區崩塌範圍分布如圖 6-5 及圖 6-8 所示，以 PGA 為因子之全台可能總崩塌面積為 $338.22 \sim 17374.75 \text{ ha}$ ，以 PGV 為因子之全台可能總崩塌面積為 $380.25 \sim 18400.14 \text{ ha}$ 。池上斷層高震度區之集水區崩塌範圍分布如圖 6-9 及圖 6-10 所示，以 PGA 為因子之全台可能總崩塌面積為 $540.16 \sim 15048.15 \text{ ha}$ ，以 PGV 為因子之全台可能總崩塌面積為 $824.97 \sim 18899.00 \text{ ha}$ 。

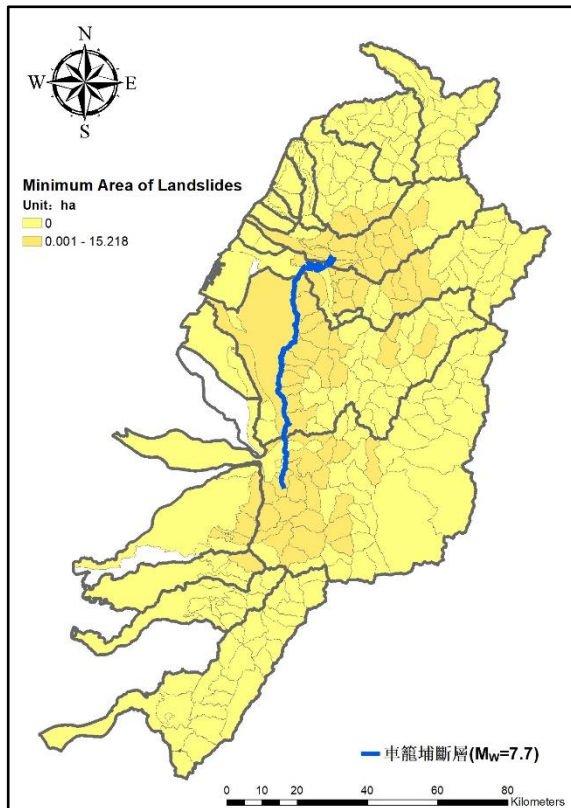


圖 6-1 車籠埔斷層情境 ($M_w=7.7$)
之集水區最小崩塌量 (PGA)

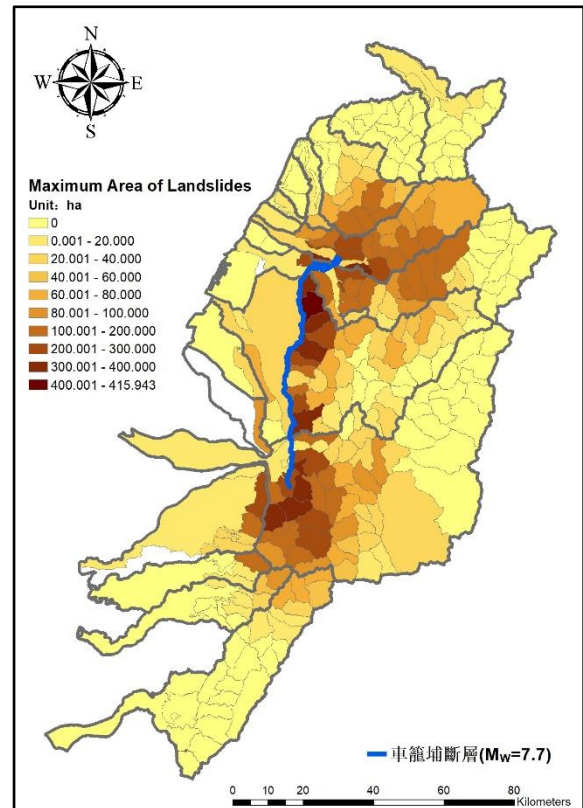


圖 6-2 車籠埔斷層情境 ($M_w=7.7$)
之集水區最大崩塌量 (PGA)

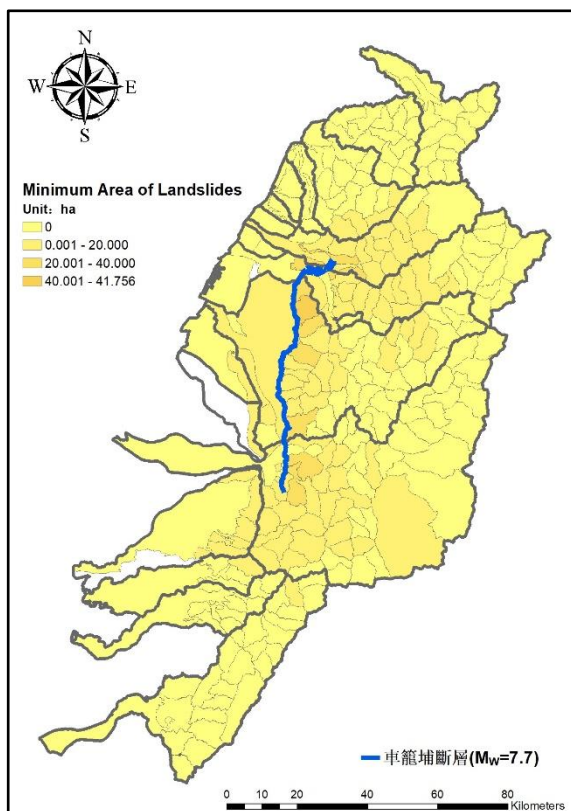


圖 6-3 車籠埔斷層情境 ($M_w=7.7$)
之集水區最小崩塌量 (PGV)

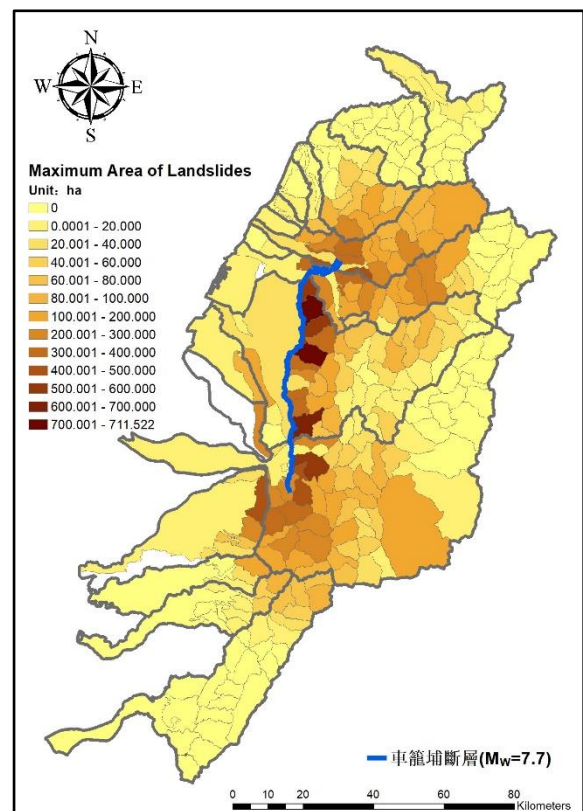


圖 6-4 車籠埔斷層情境 ($M_w=7.7$)
之集水區最大崩塌量 (PGV)

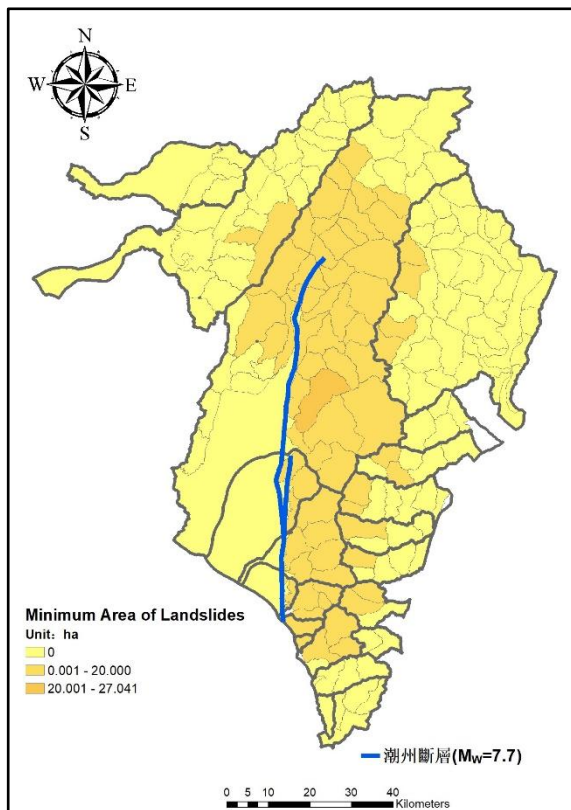


圖 6-5 潮州斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGA)

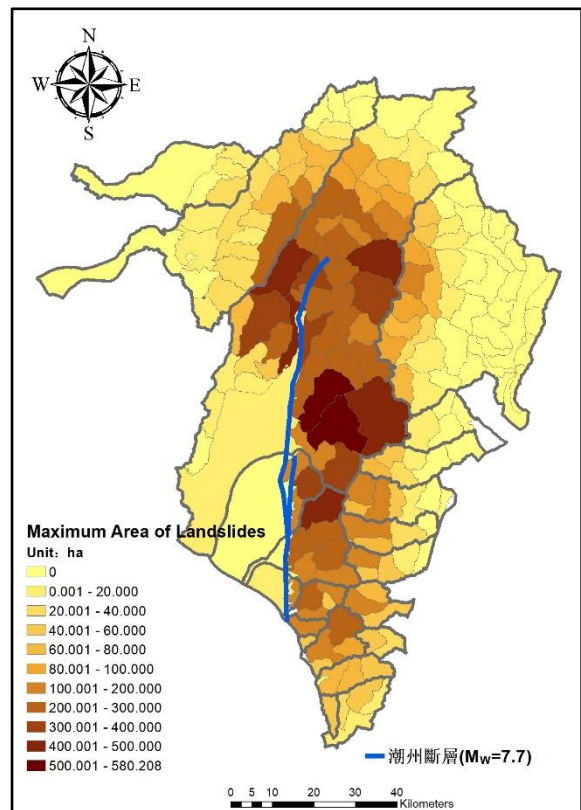


圖 6-6 潮州斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGA)

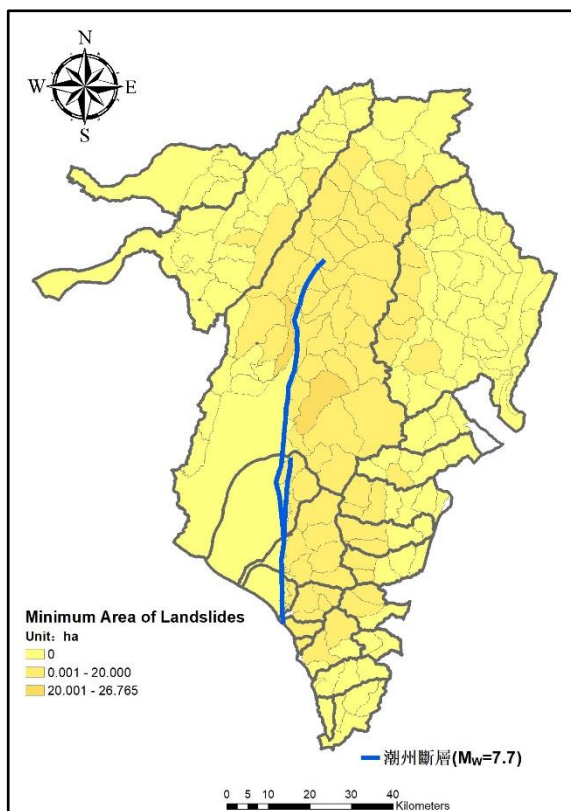


圖 6-7 潮州斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGV)

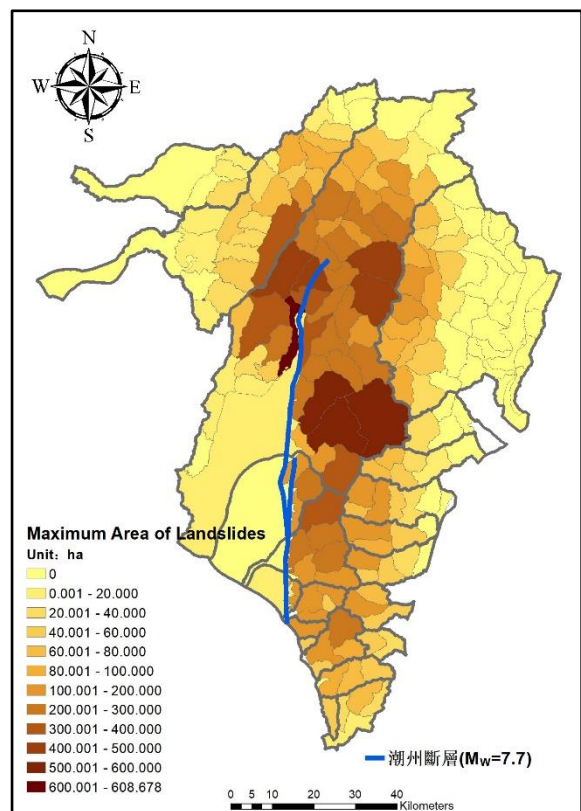
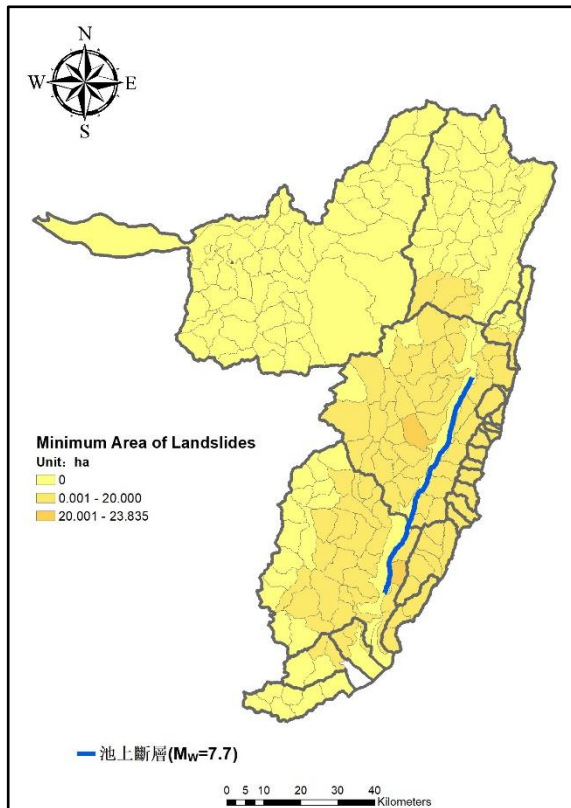
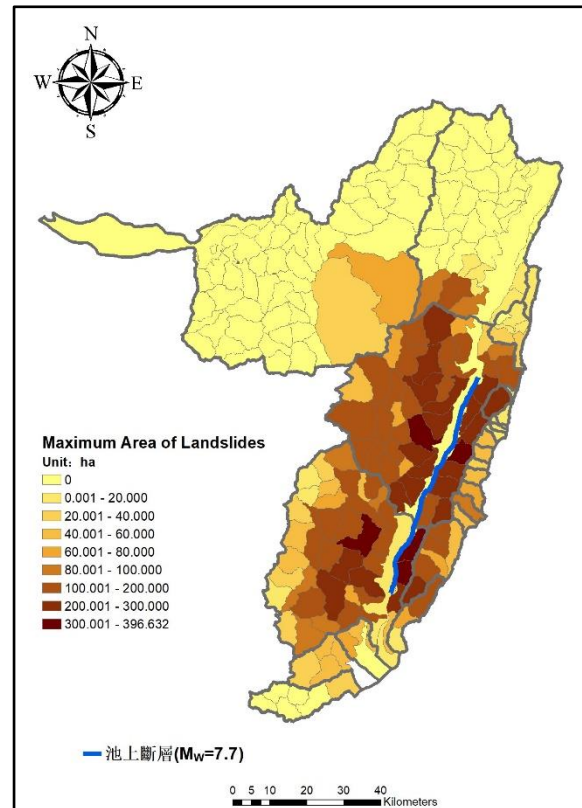
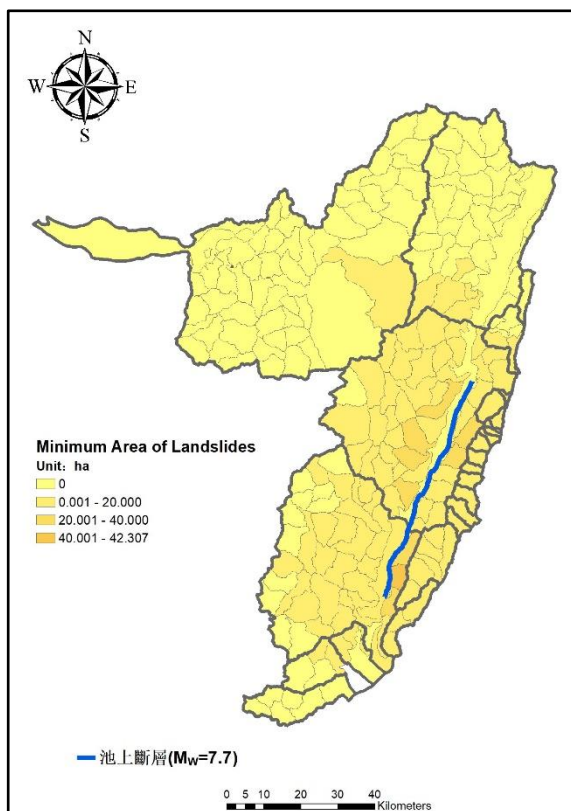
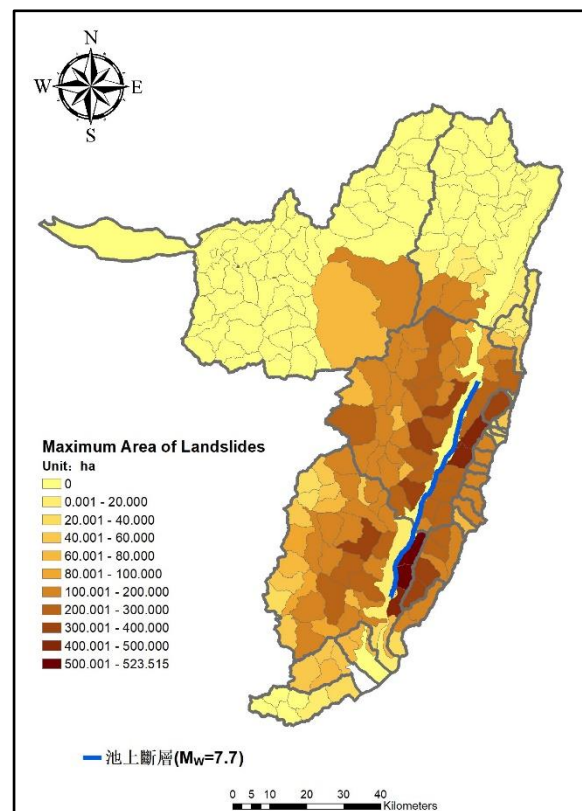


圖 6-8 潮州斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGV)

圖 6-9 池上斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGA)圖 6-10 池上斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGA)圖 6-11 池上斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最小崩塌量 (PGV)圖 6-12 池上斷層情境 ($M_w=7.7$) 之集水區最大崩塌量 (PGV)

為了解不同地震規模之變化，本計畫分別以規模 7.1~7.8 之地震進行模擬。以 5 條斷層為例，分別為山腳斷層、車籠埔斷層、潮州斷層、池上斷層與觸口斷層，此五條斷層分布於全台，基本能夠代表各地斷層特性。以 PGA 為因子之崩塌量變化如圖 6-13 ~ 圖 6-14 所示，以 PGV 為因子之崩塌量變化圖 6-15 ~ 圖 6-16 所示。由圖中可知，各斷層事件崩塌量體隨規模增大而增加，以 PGA 而言，崩塌量體隨規模增大之增加幅度較緩，尤其最大崩塌量增加幅度近似線性，雖各斷層之崩塌特性不同，但大致具有一致的增量幅度。而以 PGV 而言，崩塌量體隨規模增大之增加幅度在較大地震規模時增加幅度較陡，顯示 PGV 因子與 PGA 不同之處，在地震規模 7.5 之前崩塌量體增加幅度較緩，而越大的地震規模則引致更高的崩塌量，這驗證了前人之研究與新制震度分級表的合理性，高震度區採用 PGV 作為震度指標將更能體現震級劃分和實際災害的嚴重程度有更好的相關性。圖中也顯示較小地震規模時 PGA 之崩塌量體較 PGV 為高，而在較大地震規模時則反之。

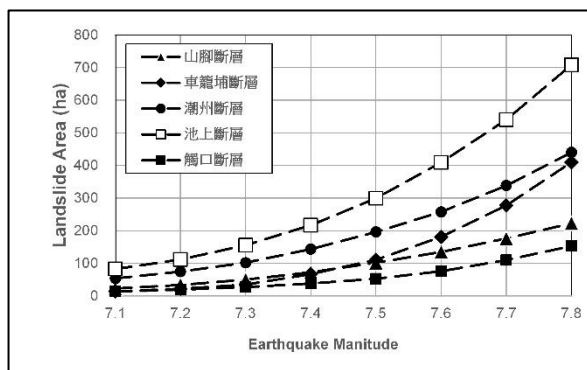


圖 6-13 不同規模最小崩塌量(PGA)

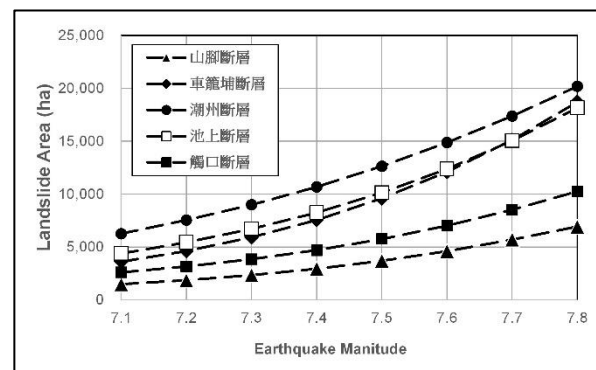


圖 6-14 不同規模最大崩塌量(PGA)

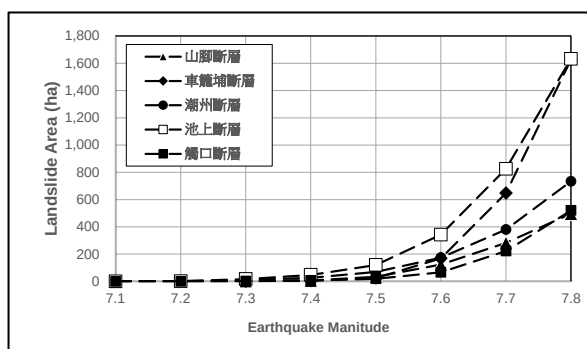


圖 6-15 不同規模最小崩塌量(PGV)

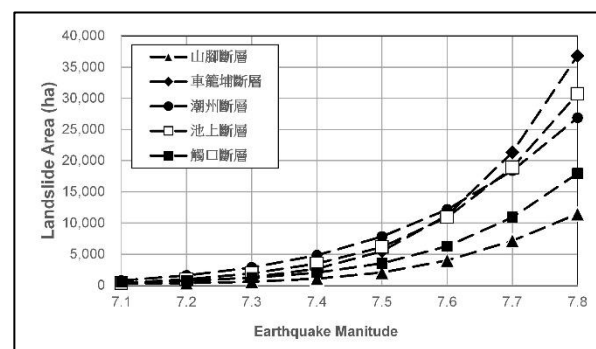


圖 6-16 不同規模最大崩塌量(PGV)

第三節 不同地震規模下 PGA 與 PGV 因子之比較

為進一步了解 PGA 與 PGV 因子隨地震規模之差異變化，本計畫同樣以山腳斷層、車籠埔斷層、潮州斷層、池上斷層與觸口斷層為例，比較 PGA 與 PGV 因子隨地震規模崩塌之變化。如圖 6-17~圖 6-26 所示，可發現不同斷層對於 PGA 與 PGV 因子之崩塌變化趨勢大致相同，地震規模 7.1 ~ 7.5 時 PGA 因子提升幅度相較 PGV 因子明顯，PGV 因子不顯著；然而當地震規模達一定程度以上時，PGV 因子引致之崩塌變化量體提升顯著，如山腳斷層、車籠埔斷層、池上斷層與觸口斷層等大約在地震規模 7.6 時發生交錯，潮州斷層則大約在地震規模稍大於 7.6 時發生交錯。這表示了 PGA 與 PGV 因子二者之差異，可明顯地以地震規模 7.6 為分界點。

本計畫之坡地易損性曲線係以經驗分析法求得，其優點是可以真實地了解實際地震之發生情況。在九二一地震的真實案例中，以 PGA 或 PGV 定義之強震區分布即有相當之差異，詳見圖 3-9 及圖 3-10 所示，此結果除了顯示高震度範圍會發生在不同的位置，對震級帶來影響，PGA 與 PGV 因子不同的物理特性也將會對地震引致的崩塌評估產生影響，因而產生不確定性。這體現在當地震規模足夠大時，由於地震波延時的影響，PGA 高的區域 PGV 不一定高，反之亦然，地震延時產生的動量影響無法在 PGA 因子中表現出來，使得 PGV 因子在較大的地震規模下更為顯著。因此，在坡地災害管理上必須謹慎思考雙指標坡地易損管理模式。

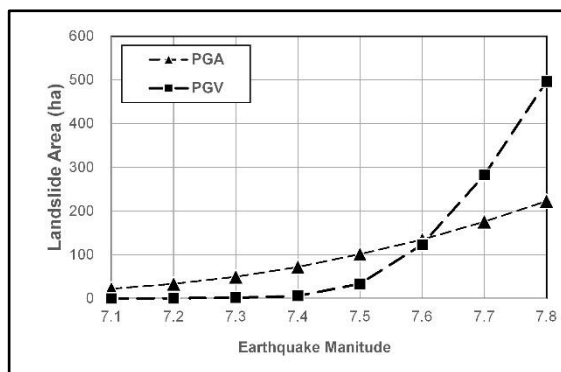


圖 6-17 山腳斷層 PGA 與 PGV 最小崩塌量比較

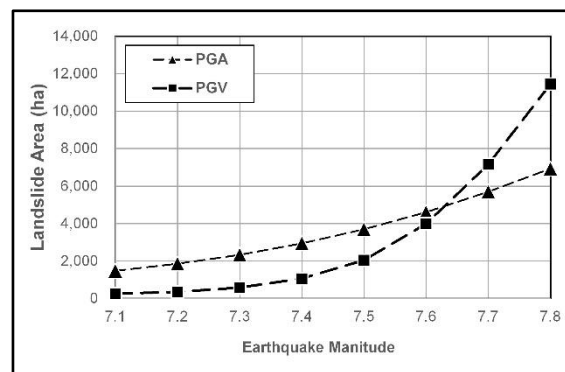


圖 6-18 山腳斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較

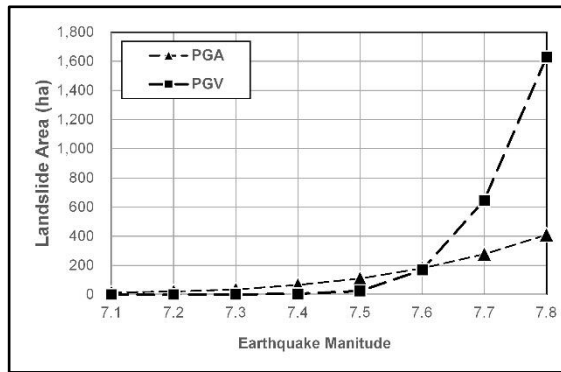


圖 6-19 車籠埔斷層 PGA 與 PGV 最小崩塌量比較

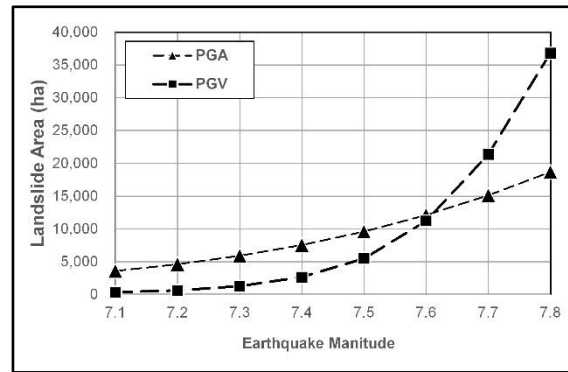


圖 6-20 車籠埔斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較

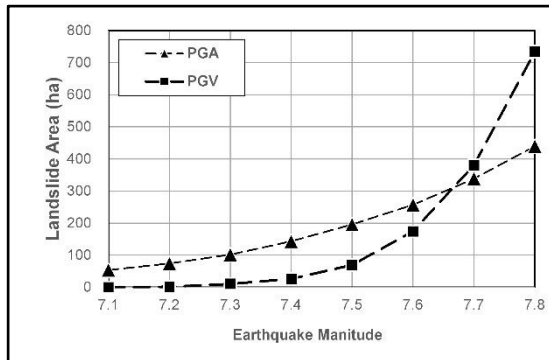


圖 6-21 潮州斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較

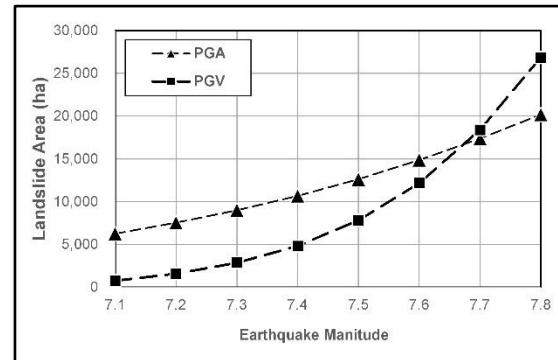


圖 6-22 潮州斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較

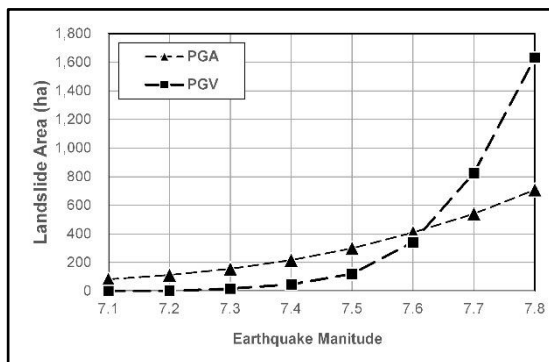


圖 6-23 池上斷層 PGA 與 PGV 最小崩塌量比較

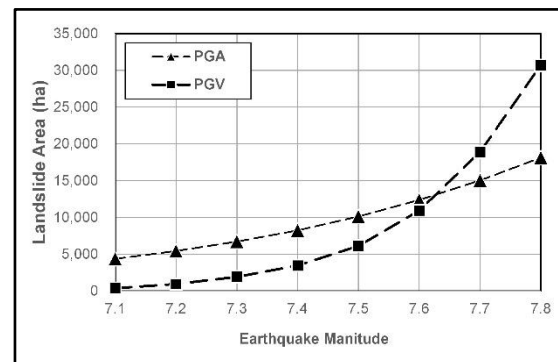


圖 6-24 池上斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較

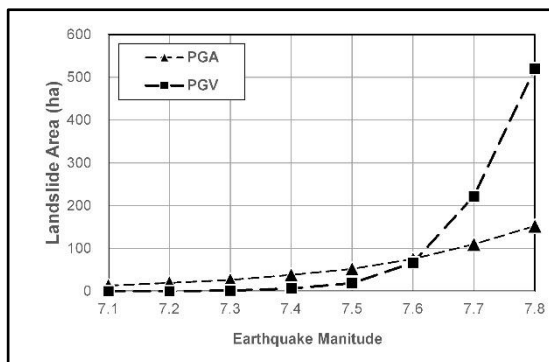


圖 6-25 觸口斷層 PGA 與 PGV 最小崩塌量比較

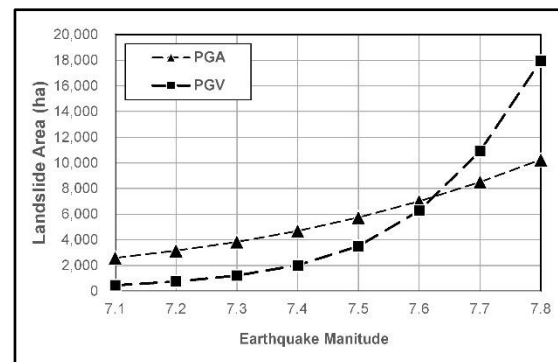


圖 6-26 觸口斷層 PGA 與 PGV 最大崩塌量比較

第四節 雙指標坡地易損管理模式建立

由於 PGA 與 PGV 雙指標特性的不同，因此有必要建立雙指標坡地易損管理模式，而要建立雙指標坡地易損管理模式目的，則是冀望在震後除了分別針對 PGA 和 PGV 之致災因子進行崩塌評估外，也能夠對這二指標進行綜合評價以利於災害管理。根據前節分析，首先總結雙指標坡地易損性曲線之特性：

- (一) 對於 PGA 因子，由於震度值較易達到啟動門檻 250 cm/s^2 ，因此在地震規模 7.1~7.8 的分析中，較小地震規模時崩塌量較 PGV 為高；且隨著地震規模增加，崩塌量增幅較平緩而近線性，沒有急遽增加的表現。
- (二) 對於 PGV 因子，由於震度值較不易達到啟動門檻 50 cm/s ，因在地震規模 7.1~7.8 的分析中，較大地震規模時崩塌量較 PGA 為高；且隨著地震規模增加，崩塌量增幅較為急遽。
- (三) 在地震規模 7.1~7.8 的分析中，PGA 與 PGV 因子之崩塌量在地震規模約 7.6 時發生交錯，PGV 因子提升顯著，表示此時 PGV 因子更為重要。
- (四) 由真實地震和實際評估結果發現，PGA 之評估結果相較 PGV 更為保守，PGV 因子在地震規模 7.5 之前崩塌量增加幅度較緩，而越大的地震規模則引致更高的崩塌量，與新制震度分級表較為相符。

由以上總結可知，PGA 與 PGV 因子各有其特性，而根據目前有限的實際地震紀錄，PGV 因子之評估結果應與實際崩塌較為相符，適合作為主要管理指標，而 PGA 因子在較小地震規模時則較為保守，適合做為較低地震規模時之先行輔助指標。而地震規模的大小則可做為管理模式中不同指標標準變換的門檻值，例如地震規模 7.6 之後雙指標之特性不同，因此根據不同地震規模，可設定相應的管理模式和基準。

根據以上討論，本計畫以風險分級模式提出雙指標坡地易損管理模式

建議，其目的在於震後能夠快速評估坡面單元和集水區之崩塌可能性，且能夠針對高震度區域之河川集水區進行高中低風險排序，以利於震後的策略擬定。

本計畫對於雙指標坡地易損管理模式，建立之風險管理機制如下：

1. 地震發生後最大震級達 6 弱以上啟動評估。
2. 分別針對 PGA 和 PGV 進行坡地崩塌分析，得到 PGA 和 PGV 之各河川集水區地震誘發崩塌危害評估。
3. 地震規模 7.5 以下時 (包含 7.5)，集水區：
 - 3.1 高風險區：PGV 指標集水區最小崩塌面積達 1 ha 以上時。
 - 3.2 中風險區：PGA 指標集水區最小崩塌面積達 10 ha 以上時，或 PGV 指標集水區可能最大崩塌面積達 1 ha 以上時。
 - 3.3 其它達啟動門檻之集水區為低風險區。
 - 3.4 根據高中低風險結果以可能最大崩塌面積進行綜合排序。
4. 地震規模 7.6 以上時 (包含 7.6)，集水區：
 - 4.1 高風險區：PGV 指標集水區可能最大崩塌面積達 10 ha 以上時。
 - 4.2 中風險區：PGA 指標集水區最小崩塌面積達 10 ha 以上時，或 PGV 指標集水區可能最大崩塌面積達 1 ha 以上時。
 - 4.3 其它達啟動門檻之集水區為低風險區。
 - 4.4 根據高中低風險結果以可能最大崩塌面積進行綜合排序。

在此需說明的是，集水區最小崩塌面積之含義為：當坡面單元發生崩塌後，至少有多少崩塌面積的期望值；而集水區可能最大崩塌面積之含義為：當坡面單元發生崩塌後，所有相似坡面單元崩塌面積的平均值。

第七章 BigGIS 系統之地震崩塌評估與實作

震後坡地崩塌評估模式有助於地震後短時間內進行地震損失評估，即所謂的地震早期評估。而對於震後坡地崩塌評估模式首要考量實際地震發生的二種情況，其一是已知斷層的地震，其二則是未知斷層的地震。前者由於斷層已知，故可由明確的斷層系統推估震度分布，進而評估可能災情，而未知斷層的地震則須依據中央氣象局即時地震速報的震度資料據以進行災害評估。雖然可利用地震情境模擬作為災前的準備方案，但在面臨實際地震發生後對於未知斷層的地震評估模式，則有賴於地震早期評估。在一般情況下，地震初期對於誘發斷層通常是未知的，甚至大多是目前未見露頭的盲斷層地震。因此，基於中央氣象局地震速報資料的地震早期評估通常是未知斷層的地震評估模式，待接收到更為明確的地震資料並輔以地質模式判斷後方能確定誘發斷層，再進行已知斷層地震評估模式，如圖 7-1 所示。

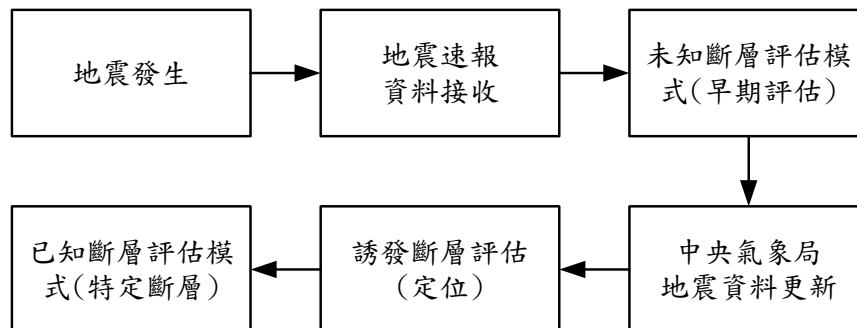


圖 7-1 地震評估模式

因此，建立地震早期評估模式的關鍵要素是建立在良好的地震速報體系和強地動觀測系統，透過現今高速電腦及資通科技應用，在實際災情不可得的情況下，達到短時間內進行災損評估的目的。台灣具有全球密度最高的強地動觀測網（平均每 5 平方公里一個測站），藉由量測定位出地震震央位置及深度，並在震後數分鐘內即可估計出全國各地震度，再配合先進的通訊網路科技，可經由簡訊、通訊軟體或社交媒介傳播即時地震速報，這樣的地震速報體系使得我國發展地震早期評估模式具有良好的基礎條件。

震後坡地崩塌評估模式的目的是藉由建立致災誘因與崩塌的簡易關係，能夠快速地評估出災害的大致情況，目前所期待的並非精確地計算出崩塌量體大小或是具體位置，而是在重大災害性地震後快速地得到可能發生災害的高風險地區或相對嚴重地區，使能夠在災害早期進行應變作為和救災資源有效地利用。在此前提下，坡地易損性模式提供了對於地震誘發坡地災害能夠及時評估的解決方法。而本研究發展的震後坡地崩塌評估模式的核心技術即是坡地易損性分析，由於易損性分析屬於災害機率化評估，因此在實際應用層面可進行災損評估、風險估計等分析。在平常整備時期，已知斷層模式仍可做為災前減災規劃或情境模擬的工具，了解斷層可能帶來的危害與風險，及早進行相關震前準備和預估可能的防救災資源。也就是說，對於災害的平時減災、前期整備、災中應變皆可利用這個模式，提供一個具備科學基礎的可靠依據。

由於本計畫在全台坡面單元資料庫中，坡面屬性資料是與斷層位置相關的，對應不同目標斷層時坡面類型可能不同，這也將影響崩塌機率分析與評估的結果。這也表示在進行震後坡地崩塌評估時，需逐一計算各集水區中各坡面單元與各活斷層之相對位置及關係，這使得坡面單元分類因子中的坡向敏感度因子具備了變動條件，各已知斷層所對應的坡面單元分類也將不同，這是本模式最重要的特點。若已知震央或斷層位置及其對應之坡面崩塌評估資料庫，即可得知坡面單元對應的坡向敏感度分類進行分析，然而，在實際地震時斷層未知的情況，如何決定坡面是何種類型的坡地即成了關鍵問題。

對於此一問題，震源分區是可行且便捷的方式，在大多數的情況下，一個有限的區域內坡面分類不會因震源不同而有太大的變動，因此在前期計畫中利用震源分區的概念發展區域震源模式 (Regional Model)，如所圖 7-2 所示，藉由建立北中南東四區資料庫的取用準則，能夠以震央定位快速地決

定坡面是何種類型的坡地。然而對於 BigGIS 系統地震早期評估模組的開發，震央位置判斷和資料庫取用計算將會耗用許多資源與時間。因此，本計畫為解決此一問題，在震源分區細化的工作中（詳見第四章），進一步發展為防護斷層模式 (Defence Fault Model)，能夠將 BigGIS 系統地震早期評估模組之分析流程更為簡化，這有利於系統開發時程與快速評估，實際應用時可直接以中央氣象局之震度資料進行坡地崩塌評估。

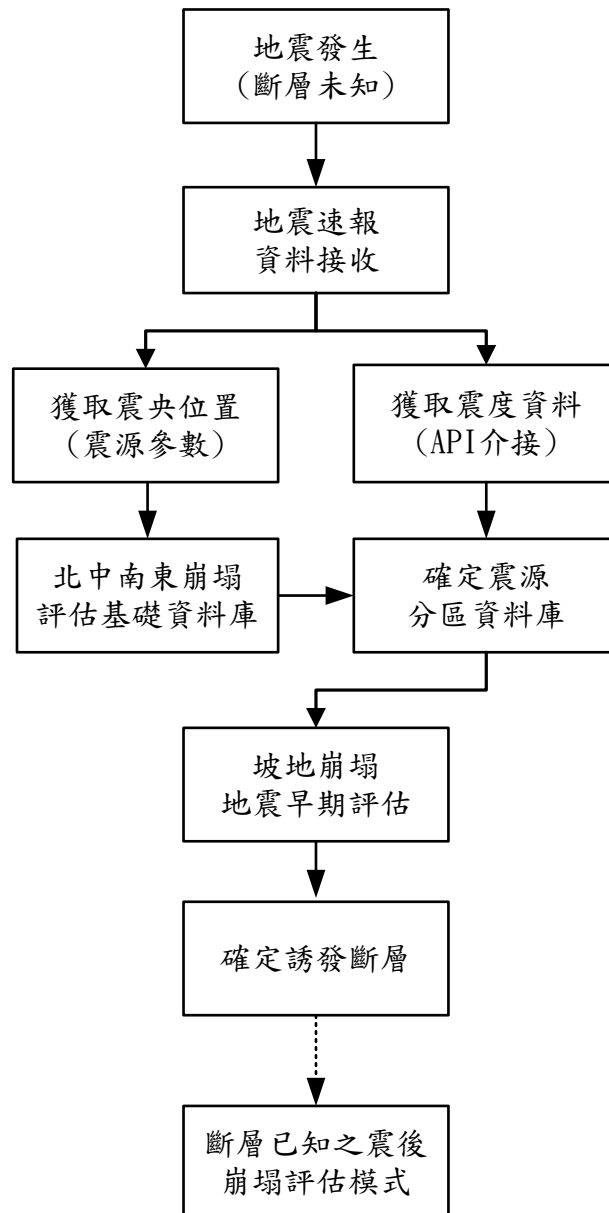


圖 7-2 基於區域震源之坡地崩塌評估模式

第一節 基於地震速報之防護斷層模式

在地震初期，中央氣象局藉由全國之地震測站資料（地震速報），可快速推估包括震央位置、地震規模和深度等震源參數，因此地震速報通常僅就震央位置、地震規模、深度和震區（由測站判定）予以公布，進一步地表震度空間推估完成後即可進行坡地崩塌之地震早期評估。本計畫發展之防護斷層模式如所圖 7-3 示，係以第四章所細化之震源分區資料庫做為崩塌評估基礎資料庫，相較圖 7-2，細化之坡地崩塌評估基礎資料庫對於震後坡地崩塌早期評估之精度與效益將有效提升。防護斷層模式在進行地震早期評估時無須如區域震源模式般需要震央位置資訊，而僅需全域地表震度資料即可，不僅可提升評估效率，相較區域震源模式可更為簡化且快速。

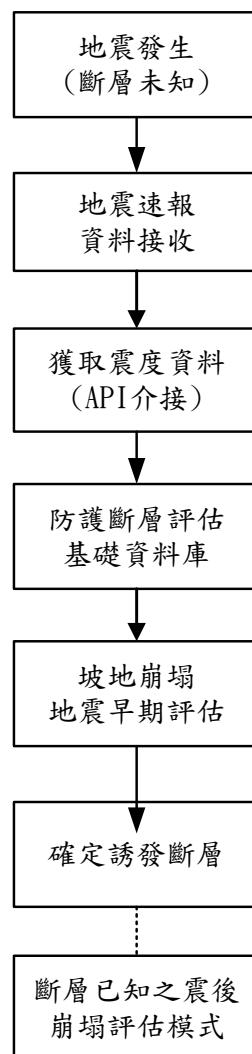


圖 7-3 基於防護斷層之坡地崩塌評估模式

綜上所述，坡地崩塌地震早期評估可基於防護斷層模式或是就實際斷層發生位置進行分析，本計畫將其區分為快速評估和詳細評估二種方式，評估過程與時效有所差異，以下說明其所需之主要資料及分析過程：

1. 坡面單元震度值

PGA 和 PGV 震度資料可由中央氣象局地震速報資料獲取，目前地震速報資料是以 2.5 km 網格以 IDW 法估計之地表震度值，另外亦可利用氣象局網站公布之測站實際資料，自行以較小空間網格內插較為精確的震度值。本計畫建議之：

- (1)快速評估：介接中央氣象局 2.5 km 之網格化等震度資料，再套疊得到坡面單元之震度值。
- (2)詳細評估：自氣象局下載測站震度資料後進行較精確之空間內插分析，再套疊得到坡面單元之震度值。

2. 坡面單元

坡面單元即已建置完成之全台坡面單元資料庫，該資料庫係中央地質調查所更新於民國 108 年，坡面單元涵蓋全台 136 個河川流域中的 127 個主要流域，經本計畫重新定義其屬性和編碼後全部有效坡面為 130619 個，分為 12 種坡面類型。

3. 坡面類型

坡面類型經由坡面之地質、坡向敏感性和坡度進行分類，與震原位置相依之坡向敏感性，坡面單元之分類可能改變。本計畫建議之：

- (1)快速評估：直接以防護斷層模式建立之崩塌評估基礎資料庫進行分析，無須於震後進行坡面分類。
- (2)詳細評估：根據確定之震央位置和誘發斷層，建立崩塌評估基礎資料庫後進行坡地分類。

4. 坡地易損性參數

即本計畫建立之雙指標坡地易損性曲線，如表 3-9 和表 3-11 所示。

5. 坡地崩塌評估

坡地崩塌評估係以前章中式(6-8) ~ (6-9) 計算某類型坡面在某震度下之崩塌損失期望值，該期望值即表達崩塌的可能範圍，分析包括坡面單元崩塌機率、最小崩塌面積、可能最大崩塌面積，以及集水區崩塌面積、集水區崩塌率。

綜上述過程，對於震後坡地崩塌評估模式在實際案例中之時效，震後之快速評估在取得中央氣象局網格化等震度資料後可於數小時內完成，而若結合 BigGIS 系統化模組，預期應可於 1 小時內完成。震後之詳細評估則在取得測站資料後可於 24 ~ 48 小時內完成。

第二節 BigGIS 系統之地震早期評估模組

一、地震早期評估模組開發

巨量空間資訊系統 (BigGIS) 主要係基於地理資訊空間資料所開發之圖台系統，如圖 7-4，該圖台具有多種 GIS 資料套疊及分析功能，目前可與中央氣象局介接全國各行政區觀測資料及下載強震警報資料，而即時地震之網格化等震度資料則是介接國家災害防救科技中心 (NCDR) 之資料服務平台 API (2022)。對於地震早期快速評估模組的開發，BigGIS 系統須建置可靠的地震速報接收系統，當地震發生後，能夠讓中央氣象局或國家災害防救科技中心的地震速報資料可在 10 分鐘內接收、數小時內評估完成並發送速報，而速報資料則可包括地震時間、地震深度、地震規模、震央位置、坡面單元震度分布以及各項評估結果等訊息。

前節曾說明地表震度資料推估有快速評估和詳細評估二種方法。當進行快速評估時，主要即是根據 NCDR 介接的地震網格化等震度即時資料，系統主要功能為接收與處理空間資料的套疊與分析，在資料處理的介面上，主要包括接收網格化等震度資料、產生震度影像檔等功能，並寫入至資料庫做為坡面單元快速評估使用。



圖 7-4 水保局巨量空間資訊系統 (BigGIS)

而當進行地震早期詳細評估時，其處理流程如圖 7-5 所示，主要是接收全國測站資料，並進行 PGA 與 PGV 之 IDW 空間內插分析。由於全域地震資料在測站附近因震度飽和現象無法提供資料，因此還需要能夠適當地插補缺漏之網格資料。中央氣象局或國家災害防救科技中心介接訊息中對於坡地崩塌評估直接相關的即是測站震度資料，而震度資料無須透過中央氣象局伺服器即可透過 BigGIS 後台進一步運算，推估得到坡面單元震度資料後，即可進一步進行坡地崩塌詳細評估。

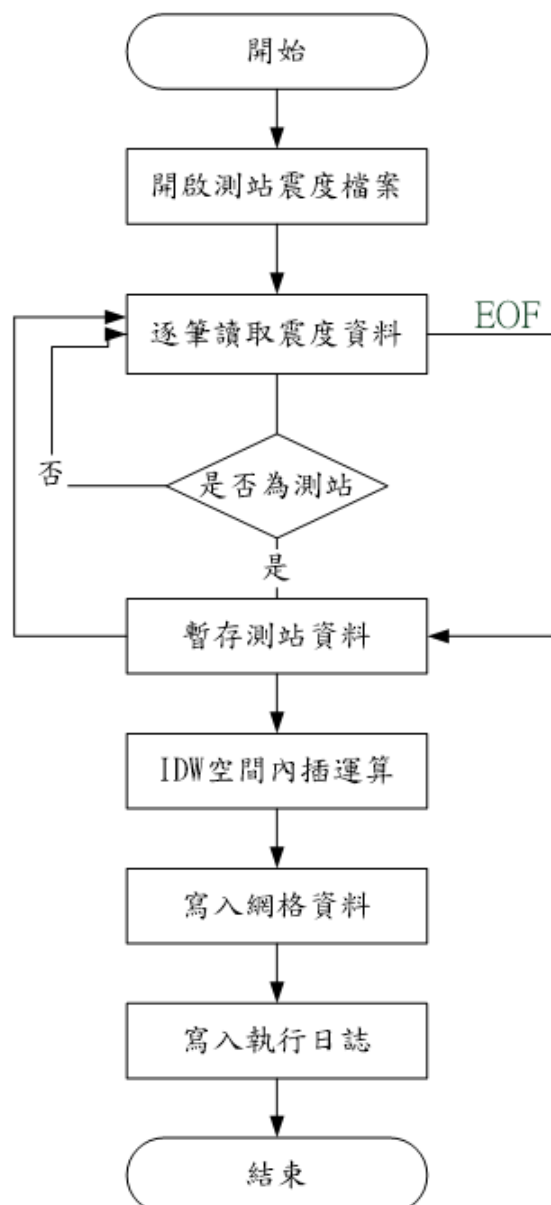


圖 7-5 地震早期詳細評估接收測站震度資料及分析流程

二、地震早期評估模式資料庫分析流程

在地震發生後，震後坡地崩塌評估模式主要包括地震測站震度資料介接、強地動因子推估、坡面單元崩塌率計算、集水區崩塌評估等。除了崩塌評估模式，評估基礎資料建置也相當重要。如表 7-1 所示，坡地評估基礎資料庫架構主要包括全台坡面單元編號、坡面類型、坡地易損性參數等內容，當震度資料以快速評估或詳細評估方法得到後，藉由坡面單元的各坡面單元之震度值，導入震度值欄位後即可利用資料庫計算各坡面單元崩塌機率、最小崩塌面積、可能最大崩塌面積，以及加總集水區崩塌面積、計算集水區崩塌率等，生成「各河川集水區地震誘發崩塌危害評估排序表」。而災損評估資料可作為初期災害應變之參考。總結本計畫建議之整體震後坡地崩塌評估模式流程如圖 7-6 所示。

表 7-1 坡地評估基礎資料庫架構

坡面編號	坡面類型	FC 中位數	FC 標準差	震度值	崩塌率
1	G1A1S1	...	...		
2	G1A1S2	...	...		
3	G1A1S3	...	...		
...	...	...	...		

資料來源：本研究整理

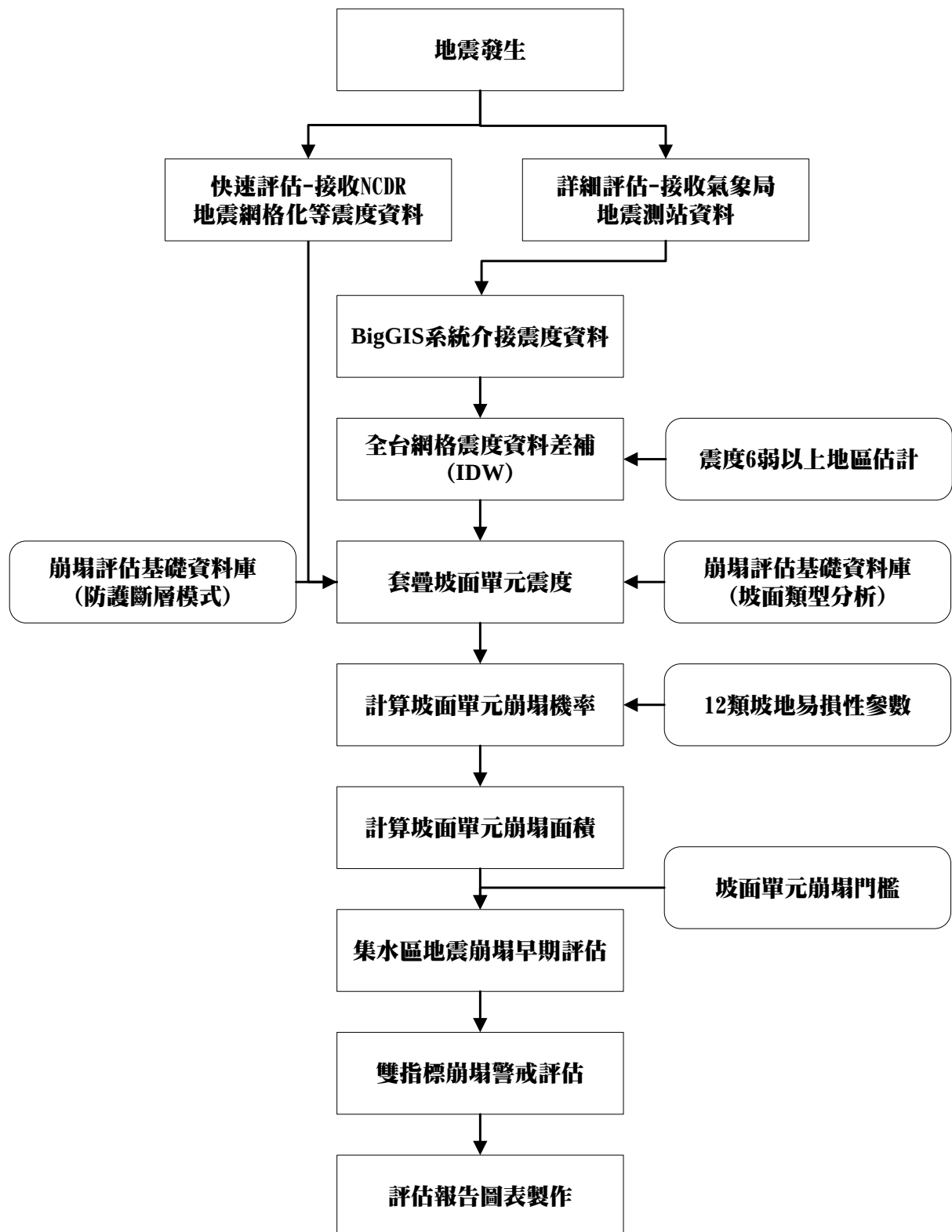


圖 7-6 震後坡地崩塌評估模式流程

三、評估圖形及報表展示

各類評估結果需依一定之出圖規範和報表展示，以下分述之：

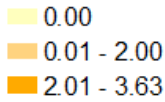
1. 加速度及速度分布圖示例：

加速度分布	色階說明
地表加速度分布 單位：gal 10 - 50 51 - 100 101 - 150 151 - 200 201 - 250 251 - 300 301 - 350 351 - 400 401 - 450 451 - 500 501 - 550 551 - 585	取坡面單元 PGA 最大最小值， 每 50 gal 為一階。
速度分布	色階說明
地表速度分布 單位：cm/s 6 - 10 11 - 20 21 - 30 31 - 40 41 - 50 51 - 60 61 - 70 71 - 80 81 - 90 91 - 100 101 - 108	取坡面單元 PGV 最大最小值， 每 10 cm/s 為一階。

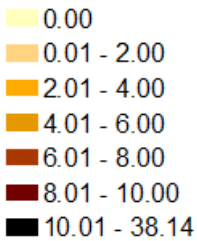
2. 坡面單元崩塌機率分布地圖示例：

崩塌機率	說明
坡面單元崩塌機率 0.000 - 0.100 0.101 - 0.200 0.201 - 0.300 0.301 - 0.400 0.401 - 0.500 0.501 - 0.600 0.601 - 0.700 0.701 - 0.800 0.801 - 0.923	取坡面單元崩塌機率最大最小值， 每 0.1 為一個色階

3. 坡面單元最小崩塌面積估計地圖示例：

最小崩塌面積	說明
集水區最小崩塌面積估計 單位：ha 	取坡面單元最小崩塌面積最大最小值，固定 7 級色階： <u>0</u> 、 <u>0.01~2</u> 、 <u>2~4</u> 、 <u>4~6</u> 、 <u>6~8</u> 、 <u>8~10</u> 、 <u>超過 10 以上</u>

4. 坡面單元可能最大崩塌面積估計地圖示例：

可能最大崩塌面積	說明
集水區最大崩塌面積估計 單位：ha 	取坡面單元可能最大崩塌面積最大最小值，固定 7 級色階： <u>0</u> 、 <u>0.01~2</u> 、 <u>2~4</u> 、 <u>4~6</u> 、 <u>6~8</u> 、 <u>8~10</u> 、 <u>超過 10 以上</u>

5. 報表：

(1) PGA 報表

排序	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面 積估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}

(2) PGV 報表

排序	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{min} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面 積估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}

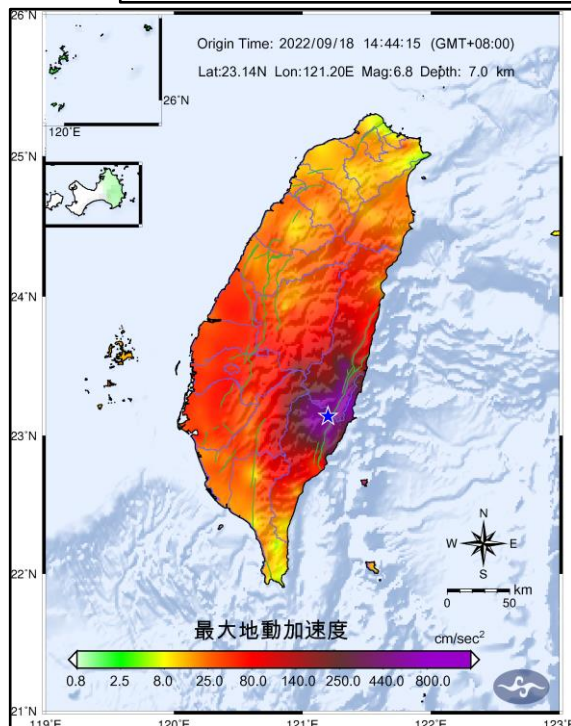
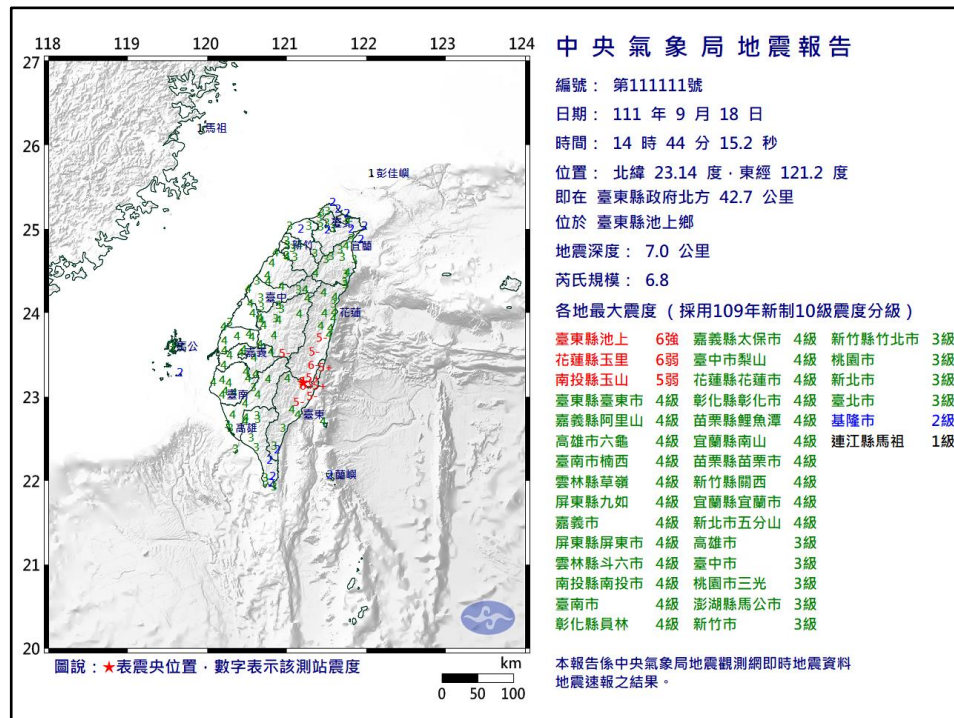
(3) 報表欄位說明

欄位	說明
排序	根據集水區崩塌面積最大估計值排序
河川/集水區	河川集水區合併名稱
PGA_{max}	集水區內坡面單元 PGA 最大值
PGA_{min}	集水區內坡面單元 PGA 最小值
PGV_{max}	集水區內坡面單元 PGV 最大值
PGV_{min}	集水區內坡面單元 PGV 最小值
坡面單元 RL_{max}	集水區內坡面單元崩塌機率最大值
坡面單元 RL_{min}	集水區內坡面單元崩塌機率最小值
集水區崩塌面積估計值(ha)	最小值：該集水區內所有坡面單元最小崩塌面積之合計。 最大值：該集水區內所有坡面單元可能最大崩塌面積之合計。
集水區 RL_{max}	$\frac{\text{集水區崩塌面積估計值(最大值)}}{\text{集水區面積}}$
集水區 RL_{min}	$\frac{\text{集水區崩塌面積估計值(最小值)}}{\text{集水區面積}}$

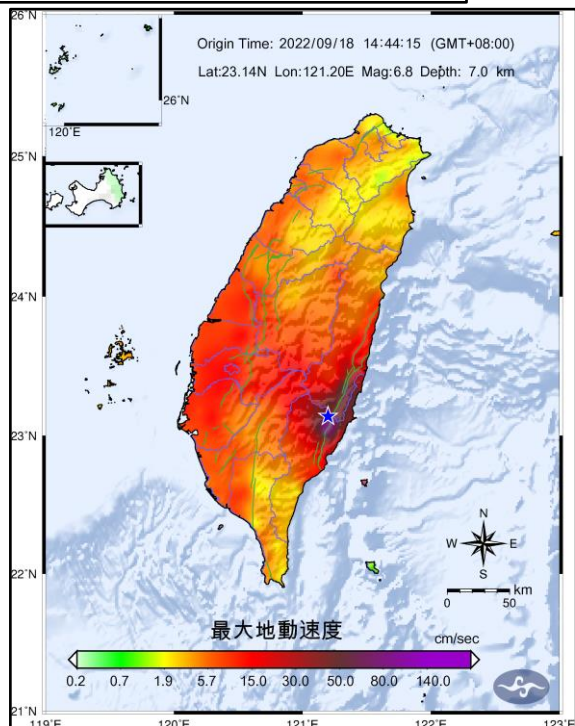
第三節 第 111111 號地震誘發崩塌易損評估實作

以下以 111 年 9 月 18 日發生於台東池上鄉之地震為例，展示地震誘發崩塌易損評估實作之成果。

第 111111 號地震誘發崩塌易損評估報告 (PGA)

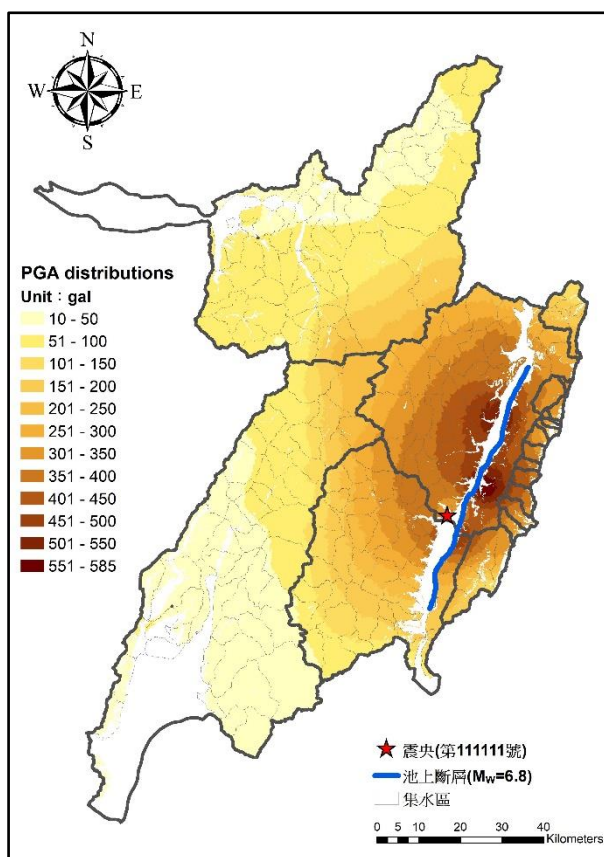


全台最大地動加速度分布

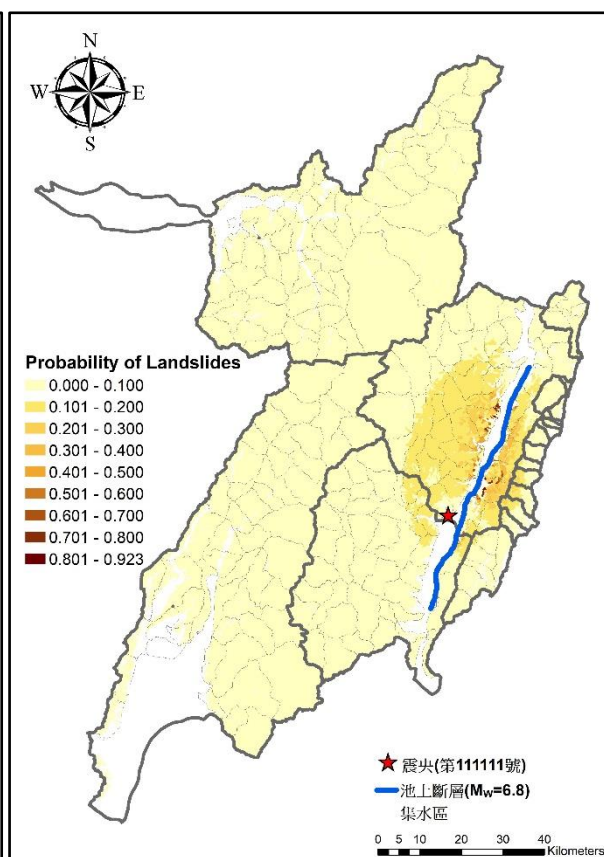


全台最大地動速度分布

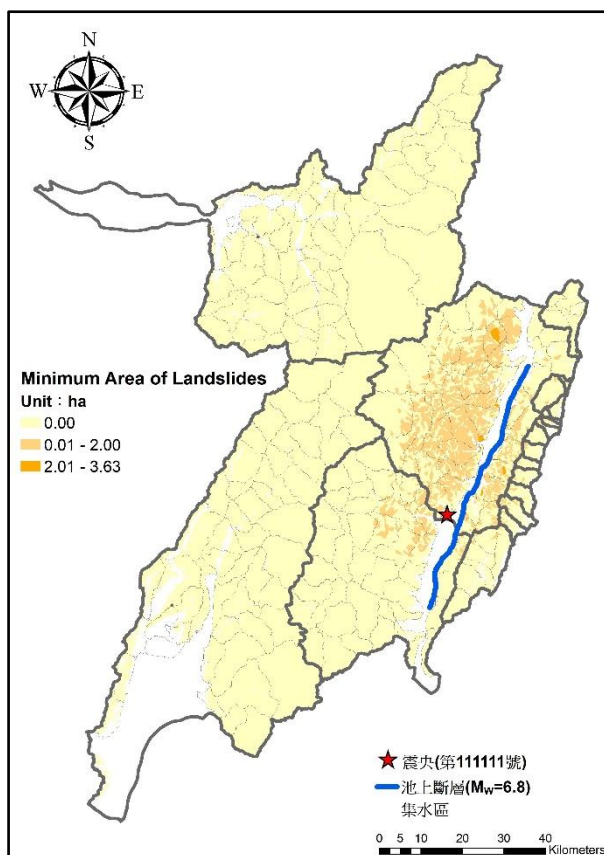
資料來源：中央氣象局



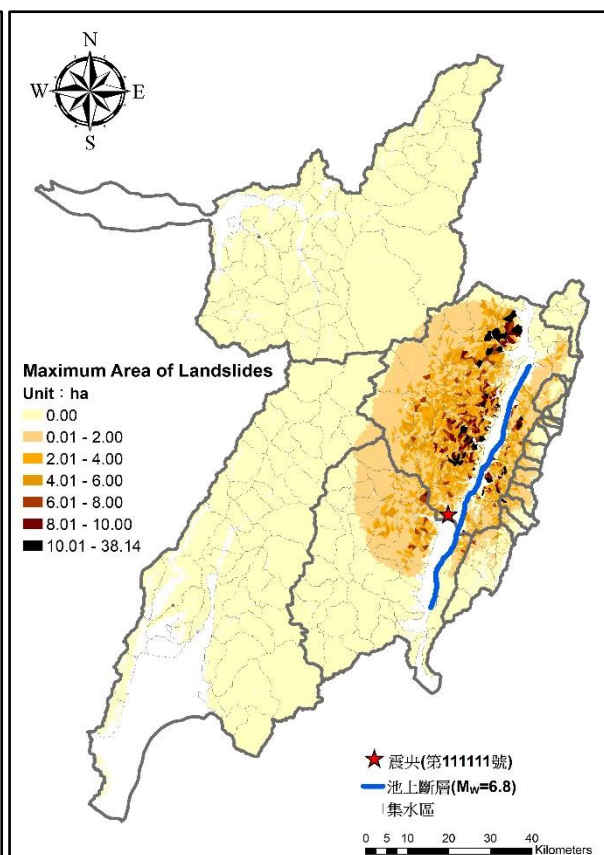
高震度區坡面單元加速度分布



高震度區坡面單元崩塌機率分布



坡面單元最小崩塌面積估計



坡面單元可能最大崩塌面積估計

資料來源：本計畫製作

各河川集水區地震誘發崩塌危害評估排序 (PGA)

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
1	秀姑巒溪/樂樂溪	505	416	0.465	0.000	493.065 ~ 41.795	0.102	0.009
2	秀姑巒溪/卓溪	549	446	0.814	0.000	489.627 ~ 37.499	0.129	0.010
3	秀姑巒溪/九岸溪	585	458	0.923	0.000	460.106 ~ 31.881	0.139	0.010
4	秀姑巒溪/安通溪	481	404	0.452	0.000	329.613 ~ 16.009	0.112	0.005
5	秀姑巒溪/阿眉溪	552	439	0.686	0.000	329.607 ~ 17.211	0.123	0.006
6	秀姑巒溪/柏南山	444	352	0.175	0.067	326.909 ~ 17.689	0.064	0.003
7	秀姑巒溪/馬西桑	469	407	0.441	0.113	325.198 ~ 25.307	0.093	0.007
8	秀姑巒溪/崙山	517	365	0.438	0.000	306.576 ~ 23.326	0.077	0.006
9	秀姑巒溪/闊闊斯溪	354	225	0.100	0.000	293.697 ~ 5.473	0.027	<0.001
10	秀姑巒溪/樂合溪	500	331	0.582	0.000	255.453 ~ 11.248	0.071	0.003
11	秀姑巒溪/秀姑巒溪 上游	514	417	0.667	0.000	252.871 ~ 17.516	0.094	0.007
12	秀姑巒溪/塔洛木溪	441	368	0.190	0.107	237.204 ~ 14.589	0.071	0.004
13	秀姑巒溪/豐坪溪	378	318	0.118	0.057	236.756 ~ 12.605	0.047	0.003
14	秀姑巒溪/伊霍霍爾 溪	387	333	0.131	0.079	227.139 ~ 11.249	0.054	0.003
15	秀姑巒溪/高寮溪	525	389	0.521	0.000	212.113 ~ 7.063	0.080	0.003
16	秀姑巒溪/巴瓦薩庫	403	374	0.150	0.090	208.143 ~ 6.060	0.056	0.002
17	秀姑巒溪/馬霍斯溪	346	225	0.090	0.000	207.209 ~ 1.757	0.026	<0.001
18	秀姑巒溪/石厝溝	492	361	0.228	0.000	197.053 ~ 6.758	0.064	0.002
19	秀姑巒溪/石平溪	489	315	0.420	0.000	185.765 ~ 11.415	0.060	0.004
20	卑南溪/大崙溪	362	250	0.098	0.028	185.749 ~ 3.319	0.032	0.001
21	秀姑巒溪/斯巴夫南	428	388	0.163	0.115	185.226 ~ 13.329	0.073	0.005
22	秀姑巒溪/豐坪溪中 游	356	278	0.097	0.039	184.519 ~ 6.076	0.035	0.001
23	卑南溪/下馬	383	295	0.120	0.053	180.668 ~ 6.617	0.044	0.002
24	秀姑巒溪/馬憂次託 溪	381	310	0.129	0.000	173.464 ~ 6.762	0.049	0.002
25	秀姑巒溪/三叉山 東側	370	328	0.113	0.063	167.511 ~ 4.055	0.046	0.001
26	卑南溪/泥水溪	495	294	0.538	0.000	166.064 ~ 5.247	0.047	0.001

各河川集水區地震誘發崩塌危害評估排序 (PGA)

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
27	秀姑巒溪/龍泉	383	315	0.130	0.001	162.871 ~ 7.770	0.050	0.002
28	秀姑巒溪/舞樂山	381	357	0.128	0.085	159.650 ~ 6.152	0.055	0.002
29	秀姑巒溪/帕郎薩克	417	383	0.158	0.104	143.505 ~ 9.203	0.068	0.004
30	卑南溪/新武呂溪上游	346	262	0.089	0.000	139.860 ~ 0.000	0.029	0.000
31	卑南溪/佟闊尼	374	354	0.117	0.076	139.615 ~ 1.774	0.053	0.001
32	秀姑巒溪/紅葉溪	368	321	0.110	0.070	134.350 ~ 10.593	0.044	0.004
33	卑南溪/新武呂溪	351	283	0.094	0.042	133.342 ~ 1.014	0.036	<0.001
34	秀姑巒溪/和留山	455	372	0.192	0.000	127.707 ~ 7.034	0.062	0.003
35	卑南溪/轆轤	335	229	0.081	0.000	124.674 ~ 2.528	0.027	0.001
36	都威溪/都威溪	479	330	0.250	0.000	124.374 ~ 2.077	0.048	0.001
37	沙灣溪/沙灣溪	462	375	0.260	0.000	122.593 ~ 2.367	0.058	0.001
38	秀姑巒溪/苓雅溪	395	332	0.131	0.000	115.504 ~ 0.717	0.040	<0.001
39	卑南溪/海端	418	364	0.143	0.000	113.171 ~ 6.019	0.052	0.003
40	秀姑巒溪/樂樂溪上游	409	367	0.152	0.106	111.811 ~ 6.600	0.064	0.004
41	富家溪/三仙溪	476	304	0.218	0.000	108.146 ~ 5.204	0.039	0.002
42	秀姑巒溪/鰲溪	508	384	0.447	0.000	104.904 ~ 2.517	0.057	0.001
43	卑南溪/崁頂溪	416	296	0.143	0.000	101.067 ~ 3.608	0.037	0.001
44	秀姑巒溪/富源溪上游	324	196	0.071	0.000	98.135 ~ 2.694	0.014	<0.000
45	卑南溪/暇末	374	355	0.115	0.086	95.908 ~ 4.935	0.052	0.003
46	水母溪/水母丁溪	376	321	0.100	0.000	87.877 ~ 0.566	0.021	<0.001
47	秀姑巒溪/塔達芬溪	314	224	0.065	0.000	87.299 ~ 0.554	0.014	<0.001
48	秀姑巒溪/紅葉內溫泉	370	355	0.108	0.000	85.230 ~ 6.328	0.034	0.003
49	秀姑巒溪/大坡	505	411	0.552	0.000	80.191 ~ 3.407	0.068	0.003
50	秀姑巒溪/玉里事業區	314	239	0.064	0.000	77.324 ~ 0.000	0.018	0.000
51	秀姑巒溪/豐坪溪	314	234	0.065	0.000	76.971 ~ 0.745	0.020	<0.001

各河川集水區地震誘發崩塌危害評估排序 (PGA)

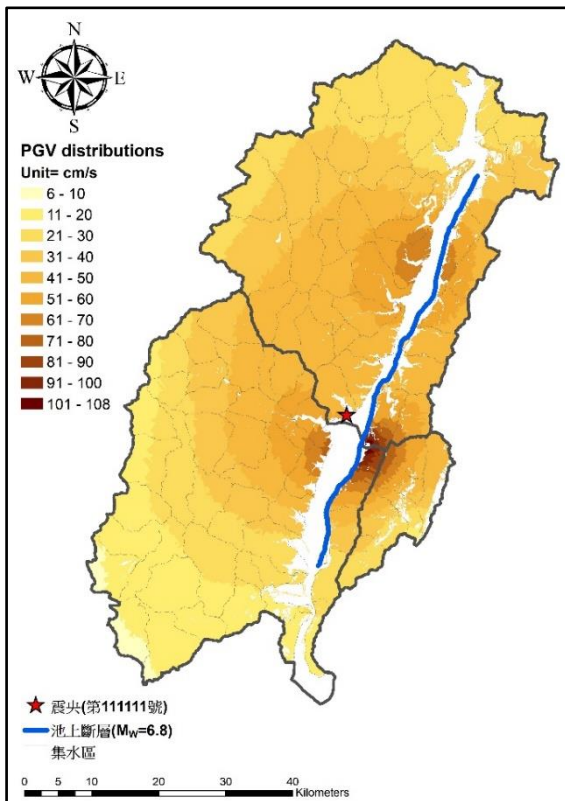
編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
	上游							
52	秀姑巒溪/馬遠入山檢查哨	365	285	0.084	0.000	75.220 ~ 6.550	0.026	0.002
53	秀姑巒溪/拉庫拉庫	432	398	0.163	0.105	73.112 ~ 4.436	0.061	0.004
54	卑南溪/宏可	360	347	0.106	0.072	66.279 ~ 0.889	0.047	0.001
55	秀姑巒溪/秀姑巒溪下游	335	254	0.079	0.000	61.207 ~ 0.354	0.015	<0.001
56	高屏溪/拉庫音溪上游	310	201	0.061	0.000	52.848 ~ 0.000	0.009	0.000
57	卑南溪/利稻	310	183	0.063	0.000	50.134 ~ 0.000	0.016	0.000
58	馬武溪/德高老	436	313	0.193	0.000	48.193 ~ 1.050	0.019	<0.001
59	寧埔溪/寧埔溪	433	367	0.190	0.000	47.253 ~ 0.492	0.037	<0.001
60	馬武溪/東河農場	447	236	0.175	0.000	39.927 ~ 0.707	0.015	<0.001
61	成功溪/新港溪	417	299	0.170	0.000	38.882 ~ 1.731	0.020	0.001
62	卑南溪/坑頭	295	205	0.049	0.000	38.619 ~ 0.339	0.009	<0.001
63	卑南溪/摩天	293	197	0.052	0.000	33.546 ~ 0.000	0.016	0.000
64	卑南溪/加拿溪	313	226	0.060	0.000	28.057 ~ 0.000	0.011	0.000
65	卑南溪/向陽	291	208	0.051	0.000	25.562 ~ 0.000	0.009	0.000
66	秀姑巒溪/猴子山	345	299	0.081	0.000	21.636 ~ 0.314	0.012	<0.001
67	馬武溪/都歷沿海	354	120	0.095	0.000	20.434 ~ 0.504	0.006	<0.001
68	秀姑巒溪/富源溪	298	204	0.055	0.000	17.412 ~ 0.540	0.008	<0.001
69	濁水溪/郡大溪	280	55	0.039	0.000	16.560 ~ 0.000	<0.001	0.000
70	竹湖溪/竹湖溪	402	313	0.063	0.000	16.203 ~ 0.531	0.010	<0.001
71	卑南溪/鹿寮溪中游	267	184	0.038	0.000	14.777 ~ 0.000	0.003	0.000
72	大德溪/竹湖沿海	395	284	0.144	0.000	10.856 ~ 0.309	0.006	<0.001
73	長濱溪/長濱沿海	336	274	0.082	0.000	6.826 ~ 0.287	0.011	<0.001
74	卑南溪/電光	305	212	0.055	0.000	4.534 ~ 0.000	0.002	0.000
75	秀姑巒溪/奇美西溪	303	214	0.036	0.000	4.335 ~ 0.000	0.002	0.000

各河川集水區地震誘發崩塌危害評估排序 (PGA)

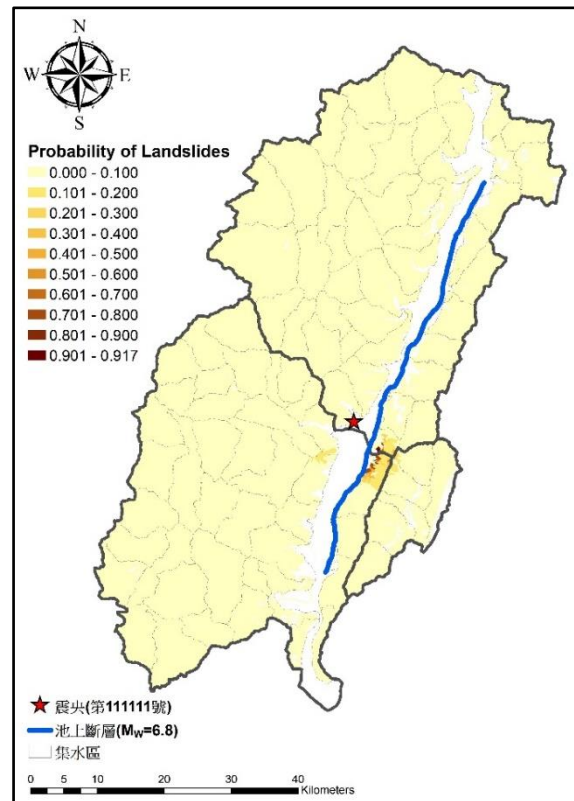
編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
76	城埔溪/城埔溪	321	278	0.059	0.000	4.149 ~ 0.233	0.009	<0.001
77	馬海溪/馬海溪	329	283	0.076	0.000	3.883 ~ 0.000	0.011	0.000
78	山間溪/山間溪	323	292	0.071	0.000	2.856 ~ 0.000	0.003	0.000
79	馬武溪/美蘭	352	111	0.057	0.000	1.928 ~ 0.000	0.001	0.000
80	卑南溪/鹿寮溪上游	254	184	0.031	0.000	1.906 ~ 0.000	<0.001	0.000
81	豐濱溪/豐濱沿海	286	167	0.046	0.000	1.582 ~ 0.000	0.001	0.000
82	馬武溪/馬武溪	339	126	0.074	0.000	1.123 ~ 0.000	<0.001	0.000
83	三富溪/大峰峰圳	328	314	0.060	0.000	0.490 ~ 0.000	0.001	0.000
	合計					10503.71 ~ 475.527		

資料來源：本計畫製作

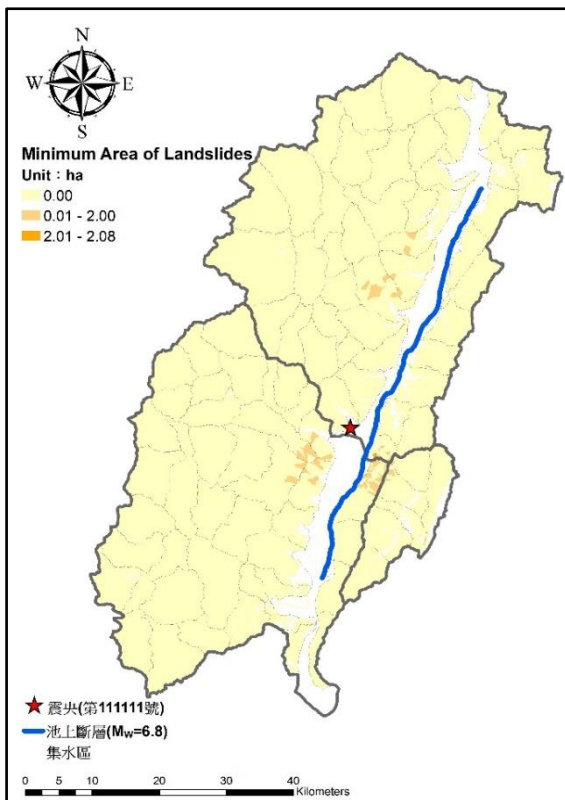
第 11111 號地震誘發崩塌易損評估報告 (PGV)



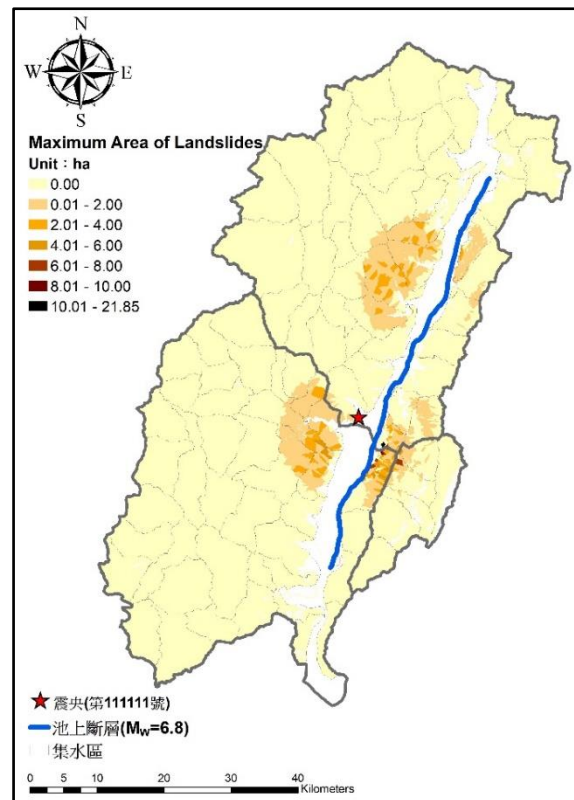
高震度區坡面單元速度分布



高震度區坡面單元崩塌機率分布



坡面單元最小崩塌面積估計



坡面單元可能最大崩塌面積估計

資料來源：本計畫製作

各河川集水區地震誘發崩塌危害評估排序 (PGV)

排序	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{min} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
1	卑南溪/泥水溪	102	47	0.910	0.000	221.005 ~ 13.359	0.062	0.004
2	秀姑巒溪/大坡	105	68	0.917	0.000	86.817 ~ 4.519	0.073	0.004
3	秀姑巒溪/樂樂溪	62	49	0.075	0.000	86.081 ~ 1.432	0.018	<0.001
4	秀姑巒溪/卓溪	69	53	0.095	0.000	77.602 ~ 0.570	0.020	<0.001
5	卑南溪/崁頂溪	74	46	0.135	0.000	54.867 ~ 1.402	0.020	0.001
6	卑南溪/海端	74	52	0.131	0.000	49.641 ~ 0.833	0.023	<0.001
7	秀姑巒溪/崙山	64	31	0.077	0.000	49.001 ~ 0.562	0.012	<0.001
8	卑南溪/下馬	63	41	0.078	0.000	44.895 ~ 1.306	0.011	<0.001
9	卑南溪/大崙溪	58	36	0.061	0.000	44.492 ~ 0.563	0.008	<0.001
10	秀姑巒溪/高寮溪	66	46	0.111	0.000	40.043 ~ 0.000	0.015	0.000
11	秀姑巒溪/馬西桑	53	49	0.052	0.000	37.043 ~ 0.000	0.011	0.000
12	卑南溪/暇末	54	49	0.061	0.000	26.863 ~ 0.000	0.015	0.000
13	馬武溪/東河農場	84	36	0.287	0.000	25.924 ~ 0.903	0.010	<0.001
14	秀姑巒溪/石厝溝	71	48	0.069	0.000	22.673 ~ 0.000	0.007	0.000
15	馬武溪/德高老	79	47	0.249	0.000	20.982 ~ 0.516	0.008	<0.001
16	秀姑巒溪/龍泉	57	37	0.048	0.000	8.023 ~ 0.000	0.002	0.000
17	秀姑巒溪/塔洛木溪	52	41	0.049	0.000	7.105 ~ 0.000	0.002	0.000
18	卑南溪/佟闊尼	51	47	0.048	0.000	6.169 ~ 0.000	0.002	0.000
19	秀姑巒溪/樂合溪	62	43	0.055	0.000	5.823 ~ 0.000	0.002	0.000
20	秀姑巒溪/鯨溪	69	49	0.068	0.000	5.107 ~ 0.000	0.003	0.000
21	秀姑巒溪/安通溪	58	49	0.036	0.000	4.358 ~ 0.000	0.001	0.000
22	秀姑巒溪/和留山	54	33	0.035	0.000	4.069 ~ 0.000	0.002	0.000
23	秀姑巒溪/斯巴夫南	51	46	0.034	0.000	3.921 ~ 0.000	0.002	0.000
24	秀姑巒溪/柏南山	52	32	0.033	0.000	2.480 ~ 0.000	<0.001	0.000
25	卑南溪/宏可	50	46	0.046	0.000	1.304 ~ 0.000	0.001	0.000
26	秀姑巒溪/秀姑巒溪 上游	54	49	0.047	0.000	0.845 ~ 0.000	<0.001	0.000
27	馬武溪/美蘭	61	18	0.038	0.000	0.682 ~ 0.000	<0.001	0.000
	合計					937.815 ~ 25.965		

資料來源：本計畫製作

第 11111 號地震集水區風險等級評估報告 (雙指標)

排序	河川集水區	風險	排序	河川集水區	風險	排序	河川集水區	風險
1	卑南溪/泥水溪	高	29	秀姑巒溪/和留山	中	57	竹湖溪/竹湖溪	低
2	秀姑巒溪/大坡	高	30	秀姑巒溪/安通溪	中	58	馬武溪/都歷沿海	低
3	秀姑巒溪/樂樂溪	高	31	秀姑巒溪/高寮溪	中	59	寧埔溪/寧埔溪	低
4	卑南溪/崁頂溪	高	32	秀姑巒溪/樂合溪	中	60	秀姑巒溪/秀姑巒溪下游	低
5	卑南溪/下馬	高	33	秀姑巒溪/帕郎薩克	低	61	卑南溪/坑頭	低
6	秀姑巒溪/九岸溪	中	34	秀姑巒溪/馬憂次託溪	低	62	秀姑巒溪/猴子山	低
7	秀姑巒溪/秀姑巒溪上游	中	35	秀姑巒溪/樂樂溪上游	低	63	大德溪/竹湖沿海	低
8	秀姑巒溪/阿眉溪	中	36	秀姑巒溪/馬遠入山檢查哨	低	64	長濱溪/長濱沿海	低
9	秀姑巒溪/豐坪溪	中	37	秀姑巒溪/紅葉內溫泉	低	65	城埔溪/城埔溪	低
10	秀姑巒溪/石平溪	中	38	秀姑巒溪/舞樂山	低	66	濁水溪/郡大溪	低
11	秀姑巒溪/伊霍霍爾溪	中	39	秀姑巒溪/豐坪溪中游	低	67	高屏溪/拉庫音溪上游	低
12	秀姑巒溪/紅葉溪	中	40	秀姑巒溪/巴瓦薩庫	低	68	卑南溪/向陽	低
13	馬武溪/東河農場	中	41	秀姑巒溪/闊闊斯溪	低	69	卑南溪/摩天	低
14	卑南溪/海端	中	42	富家溪/三仙溪	低	70	卑南溪/利稻	低
15	秀姑巒溪/卓溪	中	43	秀姑巒溪/拉庫拉庫	低	71	卑南溪/鹿寮溪上游	低
16	卑南溪/大崙溪	中	44	秀姑巒溪/三叉山東側	低	72	卑南溪/新武呂溪上游	低
17	秀姑巒溪/崙山	中	45	秀姑巒溪/富源溪上游	低	73	卑南溪/鹿寮溪中游	低
18	馬武溪/德高老	中	46	卑南溪/轆轤	低	74	卑南溪/加拿溪	低
19	卑南溪/宏可	中	47	沙灣溪/沙灣溪	低	75	卑南溪/電光	低
20	卑南溪/佟闊尼	中	48	都威溪/都威溪	低	76	馬武溪/馬武溪	低
21	卑南溪/暇末	中	49	秀姑巒溪/馬霍斯溪	低	77	馬武溪/美蘭	低
22	秀姑巒溪/龍泉	中	50	成功溪/新港溪	低	78	馬海溪/馬海溪	低
23	秀姑巒溪/斯巴夫南	中	51	卑南溪/新武呂溪	低	79	山間溪/山間溪	低
24	秀姑巒溪/塔洛木溪	中	52	秀姑巒溪/豐坪溪上游	低	80	三富溪/大峰峰圳	低
25	秀姑巒溪/馬西桑	中	53	秀姑巒溪/苓雅溪	低	81	秀姑巒溪/玉里事業區	低
26	秀姑巒溪/柏南山	中	54	水母溪/水母丁溪	低	82	秀姑巒溪/奇美西溪	低
27	秀姑巒溪/驚溪	中	55	秀姑巒溪/塔達芬溪	低	83	豐濱溪/豐濱沿海	低
28	秀姑巒溪/石厝溝	中	56	秀姑巒溪/富源溪	低			

資料來源：本計畫製作

第八章 結論與建議

- 一、在全台防護斷層選定及震源分區細化精進方面，本計畫以防護斷層模式完成各河川流域之防護斷層選定及七項地震危害因子評價，最終選定之防護斷層為 20 條活斷層，涵蓋全台 136 個河川流域中的 127 個流域，並由各防護斷層自然形成之集水區範圍劃定震源分區，而震源分區細化可突顯區域斷層的重要性，提升崩塌評估之有效性。
- 二、在坡地崩塌評估基礎資料庫擴充方面，本計畫根據防護斷層模式之分析結果，進行坡地崩塌評估基礎資料庫擴充，建置內容包括地質、坡度、坡向、順向坡、斷層方位等必要之地文條件屬性，並針對各防護斷層進行全台坡面單元類型分析。
- 三、在雙指標坡地易損管理模式方面，本計畫以五條斷層為例，分別以規模 7.1~7.8 之地震進行模擬，並針對管理模式提出建議，根據實際地震紀錄，PGV 為致災因子之評估結果與實際崩塌較為相符，適合作為主要管理指標，而 PGA 為致災因子時則較為保守，則適合做為較低規模時之先行輔助指標。地震規模大小則可做為管理模式中指標準則變換的門檻值，根據不同地震規模，設定相應的風險管理基準。
- 四、為簡化 BigGIS 系統分析流程，有利於 BigGIS 系統進行地震崩塌快速評估，本計畫發展基於防護斷層之坡地崩塌評估模式，相較區域震源模式需要震源參數以決定坡地崩塌基礎資料庫取用，防護斷層模式不需震央位置即可進行地震崩塌易損評估，僅需全域地表震度資料即可，不僅可提升評估效率，相較區域震源模式可更為簡化且快速。
- 五、在 BigGIS 系統之地震崩塌評估與實作方面，目前 BigGIS 可與中央氣象局介接全國各行政區觀測資料及下載強震警報資料，而即時地震之網格化等震度資料則是介接自 NCDR 之資料服務平台，本計畫已

與 BigGIS 團隊完成三方工作會議並建立可行之 BigGIS 系統評估程序與方法，包括分析程序、分析項目、介面展示及圖形、表格規範，並以 111 年 9 月 18 日第 111111 號地震（規模 6.8）實作測試。

六、BigGIS 系統中震後坡地崩塌評估模式流程主要有二部分，分別是基於防護斷層模式之快速評估和基於確切震源斷層之詳細評估，分析流程能夠滿足地震早期之快速評估需求，以及震後詳細評估的能力。在實作經驗中，對於震後坡地崩塌評估模式之時效，預期快速評估在取得中央氣象局網格化等震度資料後可於數小時內完成，而若結合 BigGIS 系統化模組，預期應可於 1 小時內完成。預期詳細評估則在取得測站資料後可於 24~48 小時內完成。

七、總結雙指標坡地易損管理模式如表 8-1 所示，以風險等級管理將有利於未來水保局進行震後崩塌評估和進一步的減災策略擬定實務應用面參考，例如大規模震災後早期無人載具空拍對於高風險地區的派遣選擇、土石流潛勢溪流或大規模崩塌潛勢區降雨警戒值調降、集水區複合型土砂災害減災因應策略等之參考。

表 8-1 雙指標坡地易損風險管理模式

啟動	地震發生後最大震級達 6 弱以上	
高風險	規模 7.5 以下	PGV 指標之集水區最小崩塌面積達 1 ha 以上時。
	規模 7.6 以上	PGV 指標之集水區可能最大崩塌面積達 10 ha 以上時。
中風險	以下條件其一成立： 1. PGA 指標之集水區最小崩塌面積達 10 ha 以上時。 2. PGV 指標之集水區可能最大崩塌面積達 1 ha 以上時	
低風險	其它達啟動門檻之集水區。	

資料來源：本研究整理。

參考文獻

中央氣象局 (2020)。交通部中央氣象局地震震度分級。網址：

<https://www.cwb.gov.tw/Data/service/Newsbb/CH/1081218earthquakepress.pdf>

中華民國國家標準 (2012)。風險管理一詞彙。經濟部標準檢驗局，中華民國國家標準，CNS 14889, Z 4066。

中興大學水土保持學系 (2006)。水庫集水區崩塌地潛勢分析及崩塌土方量估算之研究。經濟部水利署，委辦計畫成果報告。

王文能、尹承遠、陳志清、李木青 (2000)。九二一地震崩塌地現況與災害防治，九二一震災後中日土砂災害調查及治理研討會論文集，79–90 頁。

行政院農業委員會 (2020)。水土保持技術規範。農水保字第 1091864512 號公告修正。

李秉乾、周天穎、雷祖強、林哲彥、黃碧慧、吳政庭 (2005a)。利用集集大地震資料建立建築震害危險度評估模式 I-地震建築損害資料庫建立。中國土木水利工程學刊。17(1)：121–131。

李秉乾、周天穎、雷祖強、林哲彥、吳政庭 (2005b)。利用集集大地震資料建立建築物地震危險度評估模式 II. 易損曲線與風險評估分析。中國土木水利工程學刊，17(2)，293–300。

京華工程顧問股份有限公司 (2010)。氣候變遷下台灣南部河川流域土砂處理對策研究—以高屏溪為例 (1/2)。經濟部水利署水利規劃試驗所，委辦計畫成果報告。

京華工程顧問股份有限公司 (2011)。氣候變遷下台灣南部河川流域土砂處理對策研究—以高屏溪為例 (2/2)。經濟部水利署水利規劃試驗所，委辦計畫成果報告。

國家災害防救科技中心 (2004)。石門水庫淤積及上游集水區崩塌分析評估報告。

國家災害防救科技中心 (2022)。地震網格化等震度即時資料。網址：
<https://datahub.ncdr.nat.gov.tw/dataset/detail?pid=9d34d402-2d81-4a8e-a2f7-c5c6f26d8b83>

陳俞旭 (2008)。地震對崩塌與土石流發生影響之研究。成功大學水利及海洋工程學系碩士論文，臺南。

賴志強 (2007)。台灣地區降雨及地震誘發崩塌之特性研究。國立成功大學水及海洋工程學系碩士論文，臺南。

溫國樑、柴駿甫 (1999)。強地動特性與耐震設計規範修正建議。國家地震工程研究中心簡訊，32，3－6。

謝孟勳 (2013)。以網格集群最大概似法建立建築物易損性曲線及其用於震災緊急運送路徑之選擇。逢甲大學土木及水利工程博士學位學程博士論文，臺中。

Boore, D. M., Joyner, W. B., Fumal T. E. (1997). Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work. *Seismological Research Letters*, 68(1): 128 – 153.

Basöz, N. I., Kiremidjian, A. S., King, S. A., Law, K. H. (1999). Statistical Analysis of Bridge Damage Data from the 1994 Northridge, CA, Earthquake. *Earthquake Spectra*, 15(1): 25 – 54.

Campell, K. W. (1997). Empirical Near-Source Attenuation Relationships for Horizontal and Vertical Components of Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Pseudo-Absolute Acceleration Response Spectra. *Seismological Research Letters*, 68(1) : 154 – 178.

Carr, J. R. (1983). Application of the Theory of Regionalized Variables to Earthquake Parametric Estimation and Simulation. Doctoral dissertation,

- Department of Mining and Geological Engineering, University of Arizona, U.S.A.
- Cressie, N. (1993). *Statistics for Spatial Data*, Revised Edition. New York: John Wiley & Sons.
- Crichton, D. (1999). The Risk Triangle. In Journal Ingleton, ed., *Natural Disaster Management*, 102 – 103.
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., & Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31(1-4): 181 – 216.
- Ezell, B. C. (2007). Infrastructure Vulnerability Assessment Model (I-VAM). *Journal of Risk Analysis*, 27(3), 571 – 583.
- Journel, A. G. (1983). Nonparametric Estimation of Spatial Distributions. *Mathematical Geology*, 15(3): 445 – 468.
- Journel, A. G., Rossi, M. (1989). When Do We Need a Trend Model in Kriging. *Mathematical Geology*, 21(7): 715 – 739.
- Khazai, B., Sitar, N. (2000). Assessment of Seismic Slope Stability Using GIS Modeling. *Geographic Information Sciences*, 6(2): 121 – 128.
- Kappos, A. J., Panagopoulos, G. (2010). Fragility Curves for Reinforced Concrete Buildings in Greece. *Structure and Infrastructure Engineering*, 6(1–2): 39 – 53.
- Kappos, A. J., Panagopoulos, G., Panagiotopoulos, C., Penelis, Gr. (2006). A Hybrid Method for the Vulnerability Assessment of R/C and URM Buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 4(4): 391 – 413.
- Lee, C. T., Cheng, C. T., Liao, C. W., Tsai, Y. B. (2001). Site classification of Taiwan free-field strong-motion stations. *Bull Seismol Soc Am*, 91(5): 1283 – 1297.
- Muñoz, A., Blondet, M., Aguilar, R., Astorga, M. A. (2007). Empirical Fragility Curves for Peruvian School Buildings. *Earthquake Resistant Engineering Structures VI*, 269 – 277.

- Maruyama, Y., Yamazaki, F., Mizuno, K., Tsuchiyu, Y., Yogai, H. (2010). Fragility Curves for Expressway Embankments Based on Damage Datasets after Recent Earthquakes in Japan. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(11): 1158 – 1167.
- Matheron, G. (1971). *The Theory of Regionalized Variables and Its Applications*. Ecole nationale supérieure des mines, Paris.
- Onose, J. I. (1982). Prediction of Damage Ratio of Reinforced Concrete Buildings Due to Earthquakes and Comparison with Actual Damage Ratio. *Proceedings of the 6th Japan Earthquake Engineering Symposium*: Japan Society of Civil Engineers, Tokyo, Japan, 2081 – 2088
- Penelis, Gr. G., Kappos, A. J., Stylianidis, K. C. (2003). Assessment of the Seismic Vulnerability of Unreinforced Masonry Buildings. Paper Presented at 8th International Conference on Structural Studies: Repairs and Maintenance of Heritage Architecture, Chalkidiki, Greece. WIT Press, Southampton, UK.
- Rossetto, T., Elnashai A. (2003). Derivation of vulnerability functions for European-type RC structures based on observational data. *Engineering Structures*, 25(10): 1241 – 1263.
- Rota, M., Penna, A., Strobbia, C.L. (2008). Processing Italian Damage Data to Derive Typological Fragility Curves. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 28: 933 – 947.
- Shibata, A. (2006). Estimation of Earthquake Damage to Urban Systems. *Structural Control and Health Monitoring*, 13, 454 – 471
- Sadigh, K., Chang, C. Y., Egan, J. A., Makdisi, F., Youngs, F. F. (1997). Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data, *Seismological Research Letters*, 68(1): 180 – 189.

- Shinozuka, M. (1998). Development of Bridge Fragility Curves. Proceedings of the US–Italy Workshop on Seismic Protective Systems for Bridges, Columbia University, New York. (Technical Report MCEER-98-0015)
- Shinozuka, M., Feng, M. Q., Kim, H. K., Kim, S. H. (2000a). Nonlinear Static Procedure for Fragility Curve Development. *Journal of Engineering Mechanics*, 126(12): 1287 – 1295.
- Shinozuka, M., Feng, M. Q., Lee, J., Naganuma, T. (2000b). Statistical Analysis of Fragility Curves. *Journal of Engineering Mechanics*, 126(12): 1224 – 1231.
- Shinozuka, M., Feng, M. Q., Kim, H., Uzawa, T., Ueda, T. (2003). Statistical Analysis of Fragility Curves (Technical Report MCEER DTFH61-92-C-00106), New York: Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research.
- Sarabandi, P., Pachakis, D., King, S., Kiremidjian, A. (2004). Empirical Fragility Functions From Recent Earthquake. The 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, paper No.1211.
- Shabestari, K. T., Yamazaki, F., Saita, J., Matsuoka, M. (2004). Estimation of the Spatial Distribution of Ground Motion Parameters for two Recent Earthquakes in Japan. *Tectonophysics*, 390, 193 – 204.
- Sidle, R.C., Percea, A.J., O’loughlin, C.L. (1985). Hillslope Stability and Land Use, Volume 11. American Geophysical Union, Washington, D.C: 19 – 20.
- United Nations Disaster Relief Organization (1979). Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Office of the United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO), Report of Expert Group Meeting.
- Wu, Y. M., Hsiao, N. C., Teng, T. L. (2004). Relationships between Strong Ground Motion Peak Values and Seismic Loss During the 1999 Chi-Chi, Taiwan Earthquake. *Natural Hazards*, 32, 357 – 373.
- Wu, Y. M., Shin T. C., Chang, C. H. (2001). Near Real-time Mapping of Peak Ground Acceleration and Peak Ground Velocity Following a Strong

- Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, 91(5): 1218 – 1228.
- Whitman, R. V., Anagnos, T., Kircher C. A., Lagorio, H. J., Lawson, R. S., Schneider P. (1997). Development of a National Earthquake Loss Estimation Methodology. Earthquake Spectra, 13(4): 643 – 661.
- Yamazaki, F. (2001). Seismic Monitoring and Early Damage Assessment Ssystems in Japan. Progress in Structural Engineering and Materials, 3, 66 – 75.
- Yamazaki, F., Murao, O. (2000). Vulnerability Functions for Japanese Buildings Based on Damage Data Due to the 1995 Kobe Earthquake. Implications of Recent Earthquakes on Seismic Risk, 2, 91 – 102.
- Yamazaki, F., Onishi, J., Tayama, S. (1999, February). Earthquake Damage Assessment of Expressway Structure in Japan. Proceeding of the Asian-Pacific Symposium on Structural Reliability and Its Applications (p. 205–214), Taipei, Taiwan, R. O. C.

附錄一 各河川流域防護斷層評分表

A	集水區與斷層距離
B	正逆斷層
C	長度
D	最大可能規模
E	未來 50 年發生規模 6.5 以上機率(%)
F	未來 50 年台灣孕震構造之發震機率(%)
G	未來 50 年地表震度 PGA 分布(gal)

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
01 礮溪	CGS01 山腳斷層	35	10	8	12	3	3	2	73
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
02 小坑溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
03 乾華溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
04 石門溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
05 老梅溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
06 楓林溪	CGS01 山腳斷層	15	10	8	12	3	3	2	53
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
07 埔坪溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
08 八蓮溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
09 大屯溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
10 後州溪	CGS01 山腳斷層	15	10	8	12	3	3	2	53
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
11 興仁溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
12 林子溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
13 淡水河	CGS01 山腳斷層	35	10	8	12	3	3	2	73
	CGS02 湖口斷層	25	15	4	8	3	3	4	62
	CGS04 新城斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
14 水仙溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	5	15	4	8	3	3	4	42
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
15 寶斗溪	CGS01 山腳斷層	15	10	8	12	3	3	2	53
	CGS02 湖口斷層	5	15	4	8	3	3	4	42
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
16 林口溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	5	15	4	8	3	3	4	42
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
17 南崁溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	25	15	4	8	3	3	4	62
	CGS04 新城斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
18 埔心溪	CGS02 湖口斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS04 新城斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
	CGS01 山腳斷層	15	10	8	12	3	3	2	53
19 老街溪	CGS02 湖口斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS04 新城斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
	CGS03 新竹斷層	5	15	4	4	3	3	4	38
20 富林溪	CGS02 湖口斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
	CGS04 新城斷層	5	15	4	8	3	3	4	42
	CGS01 山腳斷層	5	10	8	12	3	3	2	43
21 大堀溪	CGS02 湖口斷層	25	15	4	8	3	3	4	62
	CGS04 新城斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
	CGS03 新竹斷層	5	15	4	4	3	3	4	38
22 觀音溪	CGS02 湖口斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
	CGS04 新城斷層	5	15	4	8	3	3	4	42
	CGS03 新竹斷層	5	15	4	4	3	3	4	38
23 新屋溪	CGS02 湖口斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
	CGS04 新城斷層	5	15	4	8	3	3	4	42
	CGS03 新竹斷層	5	15	4	4	3	3	4	38
24 社子溪	CGS02 湖口斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS04 新城斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
	CGS03 新竹斷層	15	15	4	4	3	3	4	48
25 福興溪排水	CGS02 湖口斷層	25	15	4	8	3	3	4	62
	CGS04 新城斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
	CGS03 新竹斷層	15	15	4	4	3	3	4	48
26 新豐溪	CGS02 湖口斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS03 新竹斷層	15	15	4	4	3	3	4	48
	CGS04 新城斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
27 鳳山溪	CGS04 新城斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS02 湖口斷層	25	15	4	8	3	3	4	62
	CGS03 新竹斷層	25	15	4	4	3	3	4	58
28 頭前溪	CGS04 新城斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS03 新竹斷層	35	15	4	4	3	3	4	68
	CGS02 湖口斷層	25	15	4	8	3	3	4	62

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
29 客雅溪排水	CGS04 新城斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS03 新竹斷層	35	15	4	4	3	3	4	68
	CGS02 湖口斷層	15	15	4	8	3	3	4	52
30 鹽港溪排水	CGS04 新城斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS03 新竹斷層	35	15	4	4	3	3	4	68
	CGS05 獅潭斷層	15	15	4	8	0	0	4	46
31 新港溪	CGS04 新城斷層	25	15	4	8	3	3	4	62
	CGS03 新竹斷層	15	15	4	4	3	3	4	48
	CGS05 獅潭斷層	15	15	4	8	0	0	4	46
32 中港溪	CGS04 新城斷層	35	15	4	8	3	3	4	72
	CGS05 獅潭斷層	35	15	4	8	0	0	4	66
	CGS03 新竹斷層	15	15	4	4	3	3	4	48
33 後龍溪	CGS06 三義斷層	35	15	8	12	3	3	4	80
	CGS05 獅潭斷層	35	15	4	8	0	0	4	66
	CGS11 車籠埔斷層	15	15	12	12	6	0	6	66
34 西湖溪	CGS06 三義斷層	35	15	8	12	3	3	4	80
	CGS09 屯子腳斷層	15	10	4	8	0	0	4	41
	CGS11 車籠埔斷層	15	15	12	12	6	0	6	66
35 通霄溪	CGS06 三義斷層	25	15	8	12	3	3	4	70
	CGS08 鐵砧山斷層	15	15	4	12	6	3	4	59
	CGS07 大甲斷層	15	15	8	12	6	3	4	63
36 苑裡溪	CGS06 三義斷層	25	15	8	12	3	3	4	70
	CGS08 鐵砧山斷層	15	15	4	12	6	3	4	59
	CGS07 大甲斷層	15	15	8	12	6	3	4	63
37 房裡溪	CGS07 大甲斷層	25	15	8	12	6	3	4	73
	CGS08 鐵砧山斷層	25	15	4	12	6	3	4	69
	CGS06 三義斷層	25	15	8	12	3	3	4	70
38 大安溪	CGS11 車籠埔斷層	35	15	12	12	6	0	6	86
	CGS06 三義斷層	35	15	8	12	3	3	4	80
	CGS07 大甲斷層	35	15	8	12	6	3	4	83
	CGS08 鐵砧山斷層	35	15	4	12	6	3	4	79
	CGS09 屯子腳斷層	35	10	4	8	0	0	4	61
	CGS12 大茅埔-雙冬斷層	35	15	12	12	3	3	6	86
39 溫寮溪	CGS07 大甲斷層	35	15	8	12	6	3	4	83
	CGS08 鐵砧山斷層	35	15	4	12	6	3	4	79
	CGS09 屯子腳斷層	25	10	4	8	0	0	4	51
40 大甲溪	CGS11 車籠埔斷層	35	15	12	12	6	0	6	86
	CGS06 三義斷層	35	15	8	12	3	3	4	80
	CGS07 大甲斷層	35	15	8	12	6	3	4	83
	CGS08 鐵砧山斷層	35	15	4	12	6	3	4	79
	CGS09 屯子腳斷層	35	10	4	8	0	0	4	61
	CGS12 大茅埔-雙冬斷層	35	15	12	12	3	3	6	86

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
41 烏溪	CGS11 車籠埔斷層	35	15	12	12	6	0	6	86
	CGS06 三義斷層	35	15	8	12	3	3	4	80
	CGS07 大甲斷層	35	15	8	12	6	3	4	83
	CGS09 屯子腳斷層	35	10	4	8	0	0	4	61
	CGS12 大茅埔-雙冬斷層	35	15	12	12	3	3	6	86
	CGS13 初鄉斷層	35	15	4	4	6	6	6	76
42 洋仔厝溪	CGS10 彰化斷層	35	15	8	12	6	3	4	83
	CGS07 大甲斷層	25	15	8	12	6	3	4	73
	CGS11 車籠埔斷層	15	15	12	12	6	0	6	66
43 員林大排水	CGS10 彰化斷層	35	15	8	12	6	3	4	83
	CGS11 車籠埔斷層	15	15	12	12	6	0	6	66
	CGS13 初鄉斷層	15	15	4	4	6	6	6	56
44 萬興排水幹線	CGS10 彰化斷層	35	15	8	12	6	3	4	83
	CGS11 車籠埔斷層	15	15	12	12	6	0	6	66
	CGS13 初鄉斷層	15	15	4	4	6	6	6	56
45 濁水溪	CGS11 車籠埔斷層	35	15	12	12	6	0	6	86
	CGS10 彰化斷層	35	15	8	12	6	3	4	83
	CGS12 大茅埔-雙冬斷層	35	15	12	12	3	3	6	86
	CGS13 初鄉斷層	35	15	4	4	6	6	6	76
	CGS16 大尖山斷層北段	35	15	4	12	6	0	6	78
	CGS16 大尖山斷層南段	35	15	4	12	6	0	6	43
46 新虎尾溪	CGS10 彰化斷層	25	15	8	12	6	3	4	73
	CGS11 車籠埔斷層	15	15	12	12	6	0	6	66
	CGS13 初鄉斷層	15	15	4	4	6	6	6	56
47 舊虎尾溪	CGS14 九芎坑斷層	15	15	4	12	6	6	6	64
	CGS15 梅山斷層	15	10	4	8	3	0	4	44
	CGS10 彰化斷層	15	15	8	12	6	3	4	63
48 北港溪	CGS14 九芎坑斷層	35	15	4	12	6	6	6	84
	CGS15 梅山斷層	35	10	4	8	3	0	4	64
	CGS16 大尖山斷層北段	35	15	4	12	6	0	6	78
	CGS16 大尖山斷層南段	35	15	4	12	6	0	6	78
49 朴子溪	CGS14 九芎坑斷層	35	15	4	12	6	6	6	84
	CGS16 大尖山斷層北段	35	15	4	12	6	0	6	78
	CGS16 大尖山斷層南段	35	15	4	12	6	0	6	78
	CGS19 觸口斷層	35	15	4	12	6	6	6	84
50 龍宮溪	CGS18 六甲斷層	15	15	4	8	6	6	6	60
	CGS17 木屐寮斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS19 觸口斷層	5	15	4	12	6	6	6	54
51 八掌溪	CGS19 觸口斷層	35	15	4	12	6	6	6	84
	CGS17 木屐寮斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
	CGS16 大尖山斷層北段	25	15	4	12	6	0	6	68
	CGS16 大尖山斷層南段	25	15	4	12	6	0	6	43

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
52 急水溪	CGS19 觸口斷層	35	15	4	12	6	6	6	84
	CGS17 木屐寮斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
	CGS18 六甲斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
53 將軍溪排水	CGS18 六甲斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
	CGS20 口宵里斷層	15	15	4	8	3	6	6	57
	CGS23 左鎮斷層	15	10	4	8	3	3	6	49
54 曾文溪	CGS18 六甲斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
	CGS20 口宵里斷層	35	15	4	8	3	6	6	77
	CGS23 左鎮斷層	35	10	4	8	3	3	6	69
55 鹽水溪	CGS21 新化斷層	35	10	4	4	6	6	6	71
	CGS22 後甲里斷層	35	15	4	4	3	0	4	65
	CGS23 左鎮斷層	25	10	4	8	3	3	6	59
56 二仁溪	CGS25 車瓜林斷層	35	15	8	8	6	3	6	81
	CGS22 後甲里斷層	35	15	4	4	3	0	4	65
	CGS26 旗山斷層	35	15	8	8	6	3	4	79
57 阿公店溪	CGS25 車瓜林斷層	35	15	8	8	6	3	6	81
	CGS24 小崗山斷層	35	15	4	4	3	6	6	73
	CGS26 旗山斷層	35	15	8	8	6	3	4	79
58 典寶溪排水	CGS25 車瓜林斷層	35	15	8	8	6	3	6	81
	CGS26 旗山斷層	35	15	8	8	6	3	4	79
	CGS24 小崗山斷層	25	15	4	4	3	6	6	63
59 後勁溪	CGS26 旗山斷層	35	15	8	8	6	3	4	79
	CGS25 車瓜林斷層	25	15	8	8	6	3	6	71
	CGS24 小崗山斷層	15	15	4	4	3	6	6	53
60 愛河	CGS26 旗山斷層	25	15	8	8	6	3	4	69
	CGS25 車瓜林斷層	15	15	8	8	6	3	6	61
	CGS24 小崗山斷層	15	15	4	4	3	6	6	53
61 前鎮河	CGS26 旗山斷層	15	15	8	8	6	3	4	59
	CGS25 車瓜林斷層	5	15	8	8	6	3	6	51
	CGS24 小崗山斷層	5	15	4	4	3	6	6	43
62 鹽水港溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS26 旗山斷層	5	15	8	8	6	3	4	49
	CGS25 車瓜林斷層	5	15	8	8	6	3	6	51
63 高屏溪	CGS27 潮州斷層	35	15	12	12	3	3	4	84
	CGS25 車瓜林斷層	35	15	8	8	6	3	6	81
	CGS26 旗山斷層	35	15	8	8	6	3	4	79
64 東港溪	CGS27 潮州斷層	35	15	12	12	3	3	4	84
	CGS26 旗山斷層	5	15	8	8	6	3	4	49
	CGS25 車瓜林斷層	5	15	8	8	6	3	6	51
65 林邊溪	CGS27 潮州斷層	35	15	12	12	3	3	4	84
	CGS26 旗山斷層	0	15	8	8	6	3	4	44
	CGS28 恆春斷層	0	15	4	8	6	6	6	45

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
66 北勢溪	CGS27 潮州斷層	35	15	12	12	3	3	4	84
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS26 旗山斷層	0	15	8	8	6	3	4	44
67 率芒溪	CGS27 潮州斷層	35	15	12	12	3	3	4	84
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS26 旗山斷層	0	15	8	8	6	3	4	44
68 南湖溪	CGS27 潮州斷層	35	15	12	12	3	3	4	84
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS26 旗山斷層	0	15	8	8	6	3	4	44
69 十里溪	CGS27 潮州斷層	25	15	12	12	3	3	4	74
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS26 旗山斷層	0	15	8	8	6	3	4	44
70 枋山溪	CGS27 潮州斷層	15	15	12	12	3	3	4	64
	CGS28 恆春斷層	15	15	4	8	6	6	6	60
	CGS26 旗山斷層	0	15	8	8	6	3	4	44
71 楓港溪	CGS27 潮州斷層	15	15	12	12	3	3	4	64
	CGS28 恆春斷層	15	15	4	8	6	6	6	60
	GCS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
72 石盤溪	CGS28 恆春斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS26 旗山斷層	0	15	8	8	6	3	4	44
73 四重溪	CGS28 恆春斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
74 保力溪	CGS28 恆春斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
	CGS27 潮州斷層	0	15	12	12	3	3	4	49
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
75 港口溪	CGS28 恆春斷層	35	15	4	8	6	6	6	80
	CGS27 潮州斷層	0	15	12	12	3	3	4	49
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
76 九棚溪	CGS28 恆春斷層	15	15	4	8	6	6	6	60
	CGS27 潮州斷層	0	15	12	12	3	3	4	49
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
77 巷子溪	CGS28 恆春斷層	15	15	4	8	6	6	6	60
	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
78 旭海溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
79 乾溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
80 塔瓦溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
81 達仁溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
82 安朔溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
83 朝庸溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
84 大武溪	CGS27 潮州斷層	15	15	12	12	3	3	4	64
	CGS28 恆春斷層	5	15	4	8	6	6	6	50
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
85 烏萬溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS28 恆春斷層	0	15	4	8	6	6	6	45
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
86 津林溪	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
	CGS28 恆春斷層	0	15	4	8	6	6	6	45
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
87 大竹溪	CGS27 潮州斷層	15	15	12	12	3	3	4	64
	CGS36 利吉斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
	CGS35 鹿野斷層	0	15	4	4	6	0	6	35
88 金崙溪	CGS27 潮州斷層	15	15	12	12	3	3	4	64
	CGS36 利吉斷層	5	15	8	12	6	6	6	58
	CGS35 鹿野斷層	5	15	4	4	6	0	6	40
89 太麻里溪	CGS27 潮州斷層	15	15	12	12	3	3	4	64
	CGS36 利吉斷層	5	15	8	12	6	6	6	58
	CGS35 鹿野斷層	5	15	4	4	6	0	6	40
90 文里溪	CGS36 利吉斷層	15	15	8	12	6	6	6	68
	CGS35 鹿野斷層	15	15	4	4	6	0	6	50
	CGS34 池上斷層	5	15	12	12	10	6	6	66
91 知本溪	CGS36 利吉斷層	15	15	8	12	6	6	6	68
	CGS35 鹿野斷層	15	15	4	4	6	0	6	50
	CGS27 潮州斷層	5	15	12	12	3	3	4	54
92 利嘉溪	CGS36 利吉斷層	25	15	8	12	6	6	6	78
	CGS35 鹿野斷層	25	15	4	4	6	0	6	60
	CGS34 池上斷層	5	15	12	12	10	6	6	66
93 太平溪	CGS36 利吉斷層	35	15	8	12	6	6	6	88
	CGS35 鹿野斷層	35	15	4	4	6	0	6	70
	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
94 卑南溪	CGS34 池上斷層	35	15	12	12	10	6	6	96
	CGS35 鹿野斷層	35	15	4	4	6	0	6	70
	CGS36 利吉斷層	35	15	8	12	6	6	6	88
95 都蘭溪	CGS36 利吉斷層	25	15	8	12	6	6	6	78
	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS35 鹿野斷層	15	15	4	4	6	0	6	50
96 馬武溪	CGS34 池上斷層	25	15	12	12	10	6	6	86
	CGS36 利吉斷層	25	15	8	12	6	6	6	78
	CGS35 鹿野斷層	15	15	4	4	6	0	6	50
97 成功溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	12	76
	CGS33 玉里斷層	5	15	4	12	10	6	4	58
	CGS36 利吉斷層	5	15	8	12	6	6	8	58
98 富家溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS36 利吉斷層	5	15	8	12	6	6	6	58
99 都威溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS32 奇美斷層	5	15	4	12	3	6	6	51
100 沙灣溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS32 奇美斷層	5	15	4	12	3	6	6	51
101 寧埔溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS32 奇美斷層	5	15	4	12	3	6	6	51
102 竹湖溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS32 奇美斷層	5	15	4	12	3	6	6	51
103 大德溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS32 奇美斷層	15	15	4	12	3	6	6	61
104 長濱溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS32 奇美斷層	15	15	4	12	3	6	6	61
105 城埔溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS32 奇美斷層	15	15	4	12	3	6	6	61
106 馬海溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS32 奇美斷層	15	15	4	12	3	6	6	61
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
107 山間溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS33 玉里斷層	15	15	4	12	10	6	6	68
	CGS32 奇美斷層	15	15	4	12	3	6	6	61

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
108 水母溪	CGS34 池上斷層	25	15	12	12	10	6	6	86
	CGS32 奇美斷層	25	15	4	12	3	6	6	71
	CGS31 瑞穗斷層	25	15	4	12	6	6	6	74
109 三富溪	CGS34 池上斷層	15	15	12	12	10	6	6	76
	CGS32 奇美斷層	15	15	4	12	3	6	6	61
	CGS31 瑞穗斷層	15	15	4	12	6	6	6	64
110 秀姑巒溪	CGS34 池上斷層	35	15	12	12	10	6	6	96
	CGS31 瑞穗斷層	35	15	4	12	6	6	6	84
	CGS32 奇美斷層	35	15	4	12	3	6	6	81
	CGS33 玉里斷層	35	15	4	12	10	6	6	88
111 豐濱溪	CGS32 奇美斷層	35	15	4	12	3	6	6	81
	CGS31 瑞穗斷層	25	15	4	12	6	6	6	74
	CGS30 嶺頂斷層	25	15	8	12	6	6	6	78
112 加蘭溪	CGS30 嶺頂斷層	25	15	8	12	6	6	6	78
	CGS32 奇美斷層	25	15	4	12	3	6	6	71
	CGS31 瑞穗斷層	25	15	4	12	6	6	6	74
113 蕃寮溪	CGS30 嶺頂斷層	25	15	8	12	6	6	6	78
	CGS31 瑞穗斷層	15	15	4	12	6	6	6	64
	CGS32 奇美斷層	15	15	4	12	3	6	6	61
114 水璉溪	CGS30 嶺頂斷層	25	15	8	12	6	6	6	78
	CGS29 米崙斷層	25	15	4	8	10	10	6	78
	CGS29 米崙斷層	25	15	4	8	6	10	6	74
	CGS31 瑞穗斷層	15	15	4	12	6	6	6	64
115 花蓮溪	CGS30 嶺頂斷層	35	15	8	12	6	6	6	88
	CGS29 米崙斷層	35	15	4	8	6	10	6	84
	CGS29 米崙斷層	35	15	4	8	10	10	6	88
	CGS31 瑞穗斷層	35	15	4	12	6	6	6	84
116 美崙溪	CGS29 米崙斷層	35	15	4	8	10	10	6	88
	CGS29 米崙斷層	35	15	4	8	6	10	6	84
	CGS30 嶺頂斷層	25	15	8	12	6	6	6	78
	CGS31 瑞穗斷層	0	15	4	12	6	6	6	49
117 三棧溪	CGS29 米崙斷層	25	15	4	8	10	10	6	78
	CGS29 米崙斷層	25	15	4	8	6	10	6	74
	CGS30 嶺頂斷層	15	15	8	12	6	6	6	68
	CGS31 瑞穗斷層	0	15	4	12	6	6	6	49
118 立霧溪	CGS29 米崙斷層	15	15	4	8	10	10	6	68
	CGS29 米崙斷層	15	15	4	8	6	10	6	64
	CGS30 嶺頂斷層	5	15	8	12	6	6	6	58
	CGS12 大茅埔-雙冬斷層	0	15	12	12	3	3	6	51
119 石公溪	CGS29 米崙斷層	15	15	4	8	10	10	6	68
	CGS29 米崙斷層	15	15	4	8	6	10	6	64
	CGS30 嶺頂斷層	5	15	8	12	6	6	6	58

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
	CGS31 瑞穗斷層	0	15	4	12	6	6	6	49
120 大清水溪	CGS29 米崙斷層	5	15	4	8	10	10	6	58
	CGS29 米崙斷層	5	15	4	8	6	10	6	54
	CGS30 嶺頂斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
	CGS31 瑞穗斷層	0	15	4	12	6	6	6	49
	CGS29 米崙斷層	5	15	4	8	10	10	6	58
121 和平溪	CGS29 米崙斷層	5	15	4	8	6	10	6	54
	CGS30 嶺頂斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS29 米崙斷層	0	15	4	8	10	10	6	53
122 南澳溪	CGS29 米崙斷層	0	15	4	8	6	10	6	49
	CGS30 嶺頂斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS29 米崙斷層	0	15	4	8	10	10	6	53
123 東澳溪	CGS29 米崙斷層	0	15	4	8	6	10	6	49
	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
	CGS30 嶺頂斷層	0	15	8	12	6	6	6	53
	CGS29 米崙斷層	0	15	4	8	10	10	6	53
124 蘇澳溪	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
	CGS29 米崙斷層	0	15	4	8	6	10	6	49
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS29 米崙斷層	0	15	4	8	10	10	6	53
125 新城溪	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
	CGS29 米崙斷層	0	15	4	8	6	10	6	49
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
126 冬山河	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS01 山腳斷層	5	10	8	12	3	3	2	43
127 蘭陽溪	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
128 得子口溪	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
129 金面溪	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
130 福德溪	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
131 頭城溪	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38

河川流域	鄰近斷層	A	B	C	D	E	F	G	分數
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
132 大溪川	CGS01 山腳斷層	0	10	8	12	3	3	2	38
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
133 雙溪	CGS01 山腳斷層	5	10	8	12	3	3	2	43
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
134 尖山腳溪	CGS01 山腳斷層	5	10	8	12	3	3	2	43
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
135 瑪鍊溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
136 員潭溪	CGS01 山腳斷層	25	10	8	12	3	3	2	63
	CGS02 湖口斷層	0	15	4	8	3	3	4	37
	CGS04 新城斷層	0	15	4	8	3	3	4	37

附錄二 車籠埔斷層坡面崩塌評估 (M_w=7.7)

(一) PGA 指標

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
1	烏溪/三角埔	483	403	0.509	0.000	13.660 ~ 415.943	0.105	0.003
2	烏溪/草湖溪	479	393	0.484	0.000	14.160 ~ 399.324	0.100	0.004
3	烏溪/東勢閣坑	481	379	0.463	0.000	15.217 ~ 369.982	0.085	0.003
4	烏溪/烏牛欄溪	484	429	0.547	0.000	13.901 ~ 357.055	0.149	0.006
5	烏溪/茄苳寮	483	392	0.449	0.000	10.284 ~ 353.036	0.101	0.003
6	濁水溪/加走寮溪	485	390	0.350	0.000	10.345 ~ 332.327	0.080	0.002
7	濁水溪/東埔蚋溪	465	398	0.415	0.000	9.521 ~ 323.596	0.080	0.002
8	濁水溪/桶頭	484	423	0.538	0.000	11.651 ~ 310.136	0.091	0.003
9	大安溪/大安溪中游	485	428	0.585	0.000	10.565 ~ 307.099	0.119	0.004
10	濁水溪/南清水溝溪	473	367	0.458	0.000	7.106 ~ 292.088	0.063	0.002
11	北港溪/黃德坑溪	466	395	0.412	0.000	5.483 ~ 274.878	0.066	0.001
12	大甲溪/大崎	485	437	0.565	0.000	10.708 ~ 272.167	0.126	0.005
13	大安溪/老莊溪	485	423	0.566	0.000	14.063 ~ 266.855	0.117	0.006
14	烏溪/頭汴坑溪	464	376	0.356	0.000	3.053 ~ 259.253	0.065	<0.001
15	大甲溪/中崙溪	481	408	0.464	0.000	8.262 ~ 252.494	0.108	0.004
16	大安溪/乾溪	453	387	0.209	0.041	11.523 ~ 250.211	0.073	0.003
17	濁水溪/石鼓盤溪	389	302	0.136	0.000	0.779 ~ 249.419	0.040	<0.001
18	大安溪/景山溪	465	412	0.367	0.000	1.768 ~ 249.254	0.076	<0.001
19	烏溪/樟平溪	475	418	0.426	0.000	9.282 ~ 238.342	0.111	0.004
20	濁水溪/大坑	485	445	0.564	0.000	5.050 ~ 230.426	0.089	0.002
21	烏溪/北坑	477	392	0.495	0.000	6.531 ~ 223.124	0.099	0.003
22	濁水溪/杉林溪	414	329	0.165	0.000	2.211 ~ 221.268	0.050	<0.001
23	烏溪/隘寮溪	479	410	0.504	0.000	7.777 ~ 195.866	0.114	0.005
24	大甲溪/青山	333	266	0.080	0.000	0.322 ~ 195.807	0.027	<0.001

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
25	大安溪/南坑溪	360	312	0.106	0.056	1.891 ~ 191.665	0.041	<0.001
26	大甲溪/食水崙溪	478	387	0.468	0.000	7.958 ~ 183.712	0.110	0.005
27	濁水溪/鯉魚尾	485	421	0.518	0.000	6.111 ~ 180.128	0.102	0.003
28	大甲溪/小雪溪	355	289	0.095	0.000	1.288 ~ 171.178	0.037	<0.001
29	濁水溪/草嶺	414	349	0.157	0.000	4.227 ~ 170.261	0.046	0.001
30	烏溪/象鼻坑	479	393	0.484	0.000	3.056 ~ 163.598	0.087	0.002
31	大安溪/百川山	397	348	0.147	0.000	3.039 ~ 162.818	0.057	0.001
32	後龍溪/後龍溪上游	420	357	0.148	0.000	1.688 ~ 159.279	0.039	<0.001
33	大甲溪/石角溪	453	397	0.247	0.000	1.234 ~ 152.487	0.069	<0.001
34	濁水溪/溪頭	434	357	0.189	0.000	2.281 ~ 146.523	0.042	<0.001
35	濁水溪/內茅埔	370	323	0.106	0.000	0.000 ~ 142.161	0.037	0.000
36	大安溪/雪山坑	416	376	0.167	0.025	3.803 ~ 142.093	0.061	0.002
37	濁水溪/石鰻坑	427	387	0.166	0.000	2.318 ~ 136.257	0.059	0.001
38	大安溪/雙坑	453	395	0.289	0.000	1.191 ~ 135.546	0.063	<0.001
39	大甲溪/橫流溪	440	365	0.196	0.000	0.627 ~ 135.183	0.043	<0.001
40	北港溪/嵌頂溪	442	380	0.226	0.000	1.983 ~ 134.892	0.046	<0.001
41	大安溪/蟾蜍石	448	394	0.258	0.059	4.058 ~ 132.076	0.074	0.002
42	後龍溪/小南勢	395	339	0.135	0.000	2.463 ~ 131.777	0.046	<0.001
43	後龍溪/汶水溪	348	277	0.085	0.000	0.000 ~ 126.622	0.028	0.000
44	濁水溪/阿里山溪	365	312	0.102	0.000	0.237 ~ 125.738	0.038	<0.001
45	大甲溪/和平	418	357	0.153	0.000	1.097 ~ 117.780	0.043	<0.001
46	濁水溪/南清水溝溪上游	391	351	0.136	0.000	1.392 ~ 114.009	0.046	<0.001
47	大甲溪/志樂溪	291	228	0.051	0.000	0.000 ~ 112.488	0.013	0.000
48	濁水溪/集集	476	346	0.432	0.000	1.747 ~ 103.725	0.038	<0.001
49	後龍溪/大湖溪	364	295	0.103	0.051	0.654 ~ 103.228	0.037	<0.001
50	朴子溪/樟腦寮	365	319	0.105	0.000	0.521 ~ 102.450	0.028	<0.001
51	大安溪/復興山	314	268	0.065	0.034	0.000 ~ 101.070	0.025	0.000

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
52	大甲溪/天輪壩	366	319	0.110	0.000	1.380 ~ 100.349	0.044	<0.001
53	濁水溪/生毛樹溪	394	327	0.130	0.000	0.000 ~ 97.781	0.023	0.000
54	大安溪/大安	375	325	0.118	0.000	1.479 ~ 97.221	0.041	<0.001
55	濁水溪/望鄉	330	285	0.078	0.000	0.996 ~ 96.635	0.024	<0.001
56	大甲溪/十分溪	345	290	0.091	0.000	0.224 ~ 96.373	0.032	<0.001
57	大甲溪/谷關	388	333	0.133	0.000	0.958 ~ 93.348	0.040	<0.001
58	員林大排水/湳雅	432	390	0.150	0.000	0.000 ~ 91.070	0.038	0.000
59	大安溪/麻必浩溪	392	355	0.136	0.085	2.681 ~ 89.430	0.054	0.002
60	八掌溪/石卓	330	289	0.077	0.000	0.000 ~ 89.031	0.026	0.000
61	大安溪/伯公坑	414	367	0.139	0.000	0.000 ~ 86.307	0.038	0.000
62	濁水溪/香林	325	287	0.072	0.000	0.000 ~ 85.738	0.027	0.000
63	大安溪/雪見	324	297	0.073	0.052	1.491 ~ 85.421	0.031	<0.001
64	濁水溪/卓棍溪	315	262	0.066	0.000	0.000 ~ 84.688	0.022	0.000
65	大安溪/佳仁山	305	256	0.059	0.027	0.492 ~ 82.010	0.022	<0.001
66	濁水溪/地利	281	255	0.045	0.000	0.242 ~ 81.103	0.018	<0.001
67	後龍溪/老雞隆河	392	315	0.140	0.000	0.000 ~ 74.738	0.025	0.000
68	烏溪/九仙溪	295	252	0.050	0.025	0.000 ~ 74.733	0.019	0.000
69	烏溪/水長流溪	378	322	0.125	0.000	0.227 ~ 71.595	0.028	<0.001
70	烏溪/金子坑	359	311	0.100	0.000	0.000 ~ 71.238	0.015	0.000
71	烏溪/山茶鍋坑	394	343	0.129	0.003	0.901 ~ 69.763	0.021	<0.001
72	大安溪/北坑溪	296	242	0.054	0.000	0.000 ~ 69.560	0.017	0.000
73	濁水溪/郡坑溪	327	267	0.075	0.033	0.000 ~ 69.360	0.025	0.000
74	後龍溪/上島	323	272	0.071	0.035	0.000 ~ 67.179	0.027	0.000
75	濁水溪/神木	310	257	0.061	0.027	0.000 ~ 66.615	0.022	0.000
76	大甲溪/抽藤坑溪	408	356	0.133	0.000	0.000 ~ 66.594	0.037	0.000
77	曾文溪/達德安	314	255	0.064	0.000	0.000 ~ 65.051	0.021	0.000
78	烏溪/小出山	295	243	0.051	0.000	0.247 ~ 64.816	0.016	<0.001

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
79	濁水溪/郡坑	357	307	0.098	0.000	0.000 ~ 63.836	0.023	0.000
80	大安溪/馬達拉	278	196	0.044	0.000	0.000 ~ 63.566	0.003	0.000
81	烏溪/內城	429	347	0.180	0.000	0.000 ~ 63.323	0.019	0.000
82	濁水溪/豐丘	330	294	0.076	0.000	0.288 ~ 62.505	0.023	<0.001
83	曾文溪/隙頂	304	257	0.056	0.000	0.000 ~ 62.177	0.019	0.000
84	烏溪/芬園	452	363	0.269	0.000	1.865 ~ 61.621	0.017	<0.001
85	曾文溪/長谷川溪	299	262	0.055	0.000	0.000 ~ 60.864	0.021	0.000
86	後龍溪/象鼻嘴	358	285	0.097	0.000	0.000 ~ 60.154	0.018	0.000
87	後龍溪/東洗水溪	301	254	0.057	0.026	0.000 ~ 58.310	0.020	0.000
88	西湖溪/深水	404	355	0.140	0.000	0.000 ~ 58.050	0.031	0.000
89	曾文溪/達邦	280	240	0.044	0.000	0.000 ~ 56.159	0.012	0.000
90	烏溪/陽岸溪	314	275	0.065	0.036	0.892 ~ 56.054	0.026	<0.001
91	烏溪/八仙山東側	303	272	0.058	0.035	0.000 ~ 48.720	0.024	0.000
92	濁水溪/鹿林	280	243	0.045	0.000	0.000 ~ 47.668	0.014	0.000
93	後龍溪/出磺坑	346	306	0.092	0.000	0.000 ~ 46.012	0.026	0.000
94	鳳山溪/新城圳	155	135	0.000	0.000	0.000 ~ 43.293	0.012	0.000
95	八掌溪/板仔龍	321	280	0.070	0.000	0.000 ~ 43.071	0.019	0.000
96	濁水溪/和社溪	304	264	0.056	0.000	0.404 ~ 41.277	0.017	<0.001
97	烏溪/帖比倫溪	288	237	0.048	0.000	0.000 ~ 40.672	0.015	0.000
98	濁水溪/十八重溪上游	281	246	0.045	0.000	0.000 ~ 38.079	0.014	0.000
99	濁水溪/十八重溪	302	268	0.058	0.034	0.000 ~ 36.873	0.023	0.000
100	烏溪/關刀溪	287	242	0.049	0.000	0.000 ~ 36.827	0.012	0.000
101	北港溪/中林溪	398	341	0.148	0.000	0.561 ~ 36.765	0.021	<0.001
102	烏溪/眉原溪	316	273	0.057	0.000	0.000 ~ 36.110	0.010	0.000
103	濁水溪/水里	354	307	0.096	0.000	0.307 ~ 35.707	0.018	<0.001
104	後龍溪/沙河溪	297	250	0.053	0.000	0.000 ~ 35.367	0.010	0.000
105	八掌溪/內腦寮	284	254	0.047	0.000	0.000 ~ 35.186	0.015	0.000

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
106	濁水溪/郡大溪	266	165	0.036	0.000	0.000 ~ 33.155	<0.001	0.000
107	濁水溪/益則坑	323	278	0.059	0.000	0.000 ~ 32.958	0.011	0.000
108	洋仔厝溪/大村	430	345	0.165	0.000	0.000 ~ 32.691	0.011	0.000
109	濁水溪/東埔	279	243	0.044	0.000	0.000 ~ 32.104	0.012	0.000
110	烏溪/草魚潭	374	311	0.119	0.000	0.307 ~ 31.314	0.008	<0.001
111	後龍溪/新店	288	264	0.048	0.000	0.000 ~ 31.239	0.016	0.000
112	大甲溪/白毛臺	366	339	0.100	0.000	0.000 ~ 30.483	0.017	0.000
113	濁水溪/五里亭	267	225	0.038	0.000	0.000 ~ 30.427	0.007	0.000
114	濁水溪/玉峰	383	338	0.121	0.000	0.373 ~ 29.391	0.016	<0.001
115	烏溪/東光溪	282	243	0.041	0.000	0.000 ~ 29.051	0.008	0.000
116	北港溪/葉子寮溪	374	306	0.119	0.000	0.000 ~ 28.872	0.010	0.000
117	烏溪/食水坑	409	359	0.108	0.000	0.000 ~ 28.477	0.015	0.000
118	濁水溪/農富坪	293	255	0.050	0.000	0.000 ~ 28.452	0.016	0.000
119	大甲溪/東卯溪	404	335	0.069	0.000	0.000 ~ 26.410	0.009	0.000
120	烏溪/萬社	480	352	0.443	0.000	1.400 ~ 25.629	0.035	0.002
121	烏溪/後寮溪	415	357	0.104	0.000	0.000 ~ 24.999	0.014	0.000
122	鳳山溪/錦山	140	124	0.000	0.000	0.000 ~ 24.834	0.008	0.000
123	大甲溪/德基	270	241	0.040	0.000	0.000 ~ 24.681	0.011	0.000
124	後龍溪/福基	321	272	0.067	0.000	0.000 ~ 24.010	0.019	0.000
125	濁水溪/日月潭水庫	324	274	0.070	0.000	0.000 ~ 23.598	0.011	0.000
126	曾文溪/里佳	268	237	0.037	0.000	0.000 ~ 23.420	0.007	0.000
127	鳳山溪/新城溪	137	124	0.000	0.000	0.000 ~ 21.957	0.014	0.000
128	大甲溪/松鶴	375	313	0.084	0.000	0.000 ~ 21.693	0.007	0.000
129	大安溪/大安溪下游	483	352	0.460	0.000	0.485 ~ 21.654	0.058	0.001
130	烏溪/牛眠	300	250	0.050	0.000	0.000 ~ 21.478	0.009	0.000
131	烏溪/平林溪	391	341	0.044	0.000	0.000 ~ 19.833	0.005	0.000
132	烏溪/椿谷溪	263	231	0.035	0.000	0.232 ~ 18.311	0.004	<0.001
133	朴子溪/塘下寮	326	299	0.070	0.000	0.000 ~ 18.267	0.009	0.000

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
134	大甲溪/比壽潭山	281	260	0.045	0.029	0.000 ~ 16.833	0.018	0.000
135	鳳山溪/內立	146	135	0.000	0.000	0.000 ~ 16.617	0.006	0.000
136	烏溪/翠巒	266	222	0.037	0.000	0.000 ~ 16.121	0.004	0.000
137	濁水溪/外埔	466	434	0.289	0.000	0.647 ~ 14.806	0.035	0.002
138	後龍溪/獅潭	265	228	0.037	0.000	0.000 ~ 14.292	0.005	0.000
139	北港溪/竹尾子	420	400	0.126	0.000	0.000 ~ 13.356	0.037	0.000
140	大甲溪/裡冷溪	344	302	0.065	0.000	0.000 ~ 12.846	0.006	0.000
141	濁水溪/沙里仙溪	261	217	0.035	0.000	0.000 ~ 11.148	0.002	0.000
142	烏溪/瑞岩溪	266	219	0.036	0.000	0.000 ~ 10.472	0.002	0.000
143	高屏溪/旗山溪上游	260	209	0.034	0.000	0.000 ~ 9.941	<0.001	0.000
144	曾文溪/山美	261	227	0.035	0.000	0.000 ~ 9.912	0.003	0.000
145	烏溪/大林溪	299	264	0.043	0.000	0.000 ~ 9.450	0.006	0.000
146	烏溪/貓羅溪	458	420	0.212	0.000	0.000 ~ 9.013	0.006	0.000
147	頭前溪/那羅溪	169	148	0.000	0.000	0.000 ~ 8.400	0.002	0.000
148	朴子溪/清水溪	303	277	0.054	0.000	0.000 ~ 7.802	0.005	0.000
149	大甲溪/佳陽	259	232	0.033	0.000	0.000 ~ 6.544	0.003	0.000
150	曾文溪/沙力基溪	257	210	0.032	0.000	0.000 ~ 6.376	0.001	0.000
151	後龍溪/明德水庫	263	221	0.035	0.000	0.000 ~ 5.177	0.001	0.000
152	大甲溪/大甲溪下游	484	343	0.551	0.000	0.000 ~ 4.737	0.015	0.000
153	八掌溪/內湖	276	255	0.036	0.000	0.000 ~ 4.217	0.002	0.000
154	頭前溪/華興	156	139	0.000	0.000	0.000 ~ 3.935	0.001	0.000
155	濁水溪/木屐寮	474	464	0.304	0.000	0.000 ~ 3.878	0.083	0.000
156	烏溪/東埔溪	273	231	0.035	0.000	0.000 ~ 3.424	0.001	0.000
157	烏溪/力行	258	214	0.032	0.000	0.000 ~ 3.331	0.001	0.000
158	房裡溪/房裡溪	382	334	0.034	0.000	0.000 ~ 2.983	0.003	0.000
159	客雅溪排水/青草湖	173	152	0.000	0.000	0.000 ~ 2.674	<0.001	0.000

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
160	八掌溪/中埔	258	237	0.031	0.000	0.000 ~ 2.246	<0.001	0.000
161	北港溪/虎尾溪	417	315	0.100	0.000	0.000 ~ 2.130	0.016	0.000
162	頭前溪/尖石山	151	136	0.000	0.000	0.000 ~ 2.089	<0.001	0.000
163	八掌溪/蘭潭水庫	285	262	0.047	0.000	0.000 ~ 1.848	0.001	0.000
164	濁水溪/濁水溪下游	477	380	0.380	0.000	0.000 ~ 1.745	0.067	0.000
165	鹽港溪排水/山頂	182	164	0.000	0.000	0.000 ~ 1.734	<0.001	0.000
166	烏溪/北山坑	354	311	0.011	0.000	0.000 ~ 1.054	<0.001	0.000
167	濁水溪/五城	320	296	0.058	0.000	0.000 ~ 0.814	<0.001	0.000
168	曾文溪/新美	252	207	0.032	0.000	0.000 ~ 0.756	<0.001	0.000
169	西湖溪/水甲埔	355	265	0.012	0.000	0.000 ~ 0.572	<0.001	0.000
170	苑裡溪/苑裡	366	289	0.013	0.000	0.000 ~ 0.414	<0.001	0.000
171	濁水溪/陳有蘭溪上游	252	205	0.030	0.000	0.000 ~ 0.359	<0.001	0.000
172	鳳山溪/竹北	141	126	0.000	0.000	0.000 ~ 0.240	0.002	0.000
173	頭前溪/新社	165	143	0.000	0.000	0.000 ~ 0.204	0.004	0.000
174	烏溪/炭子腳	369	316	0.021	0.000	0.000 ~ 0.155	<0.001	0.000
175	頭前溪/新竹市	167	150	0.000	0.000	0.000 ~ 0.120	<0.001	0.000
	合計					277.165 ~ 15118.84		

(二) PGV 指標

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
1	烏溪/草湖溪	90	76	0.713	0.000	38.647 ~ 711.522	0.177	0.010
2	烏溪/三角埔	90	77	0.706	0.000	41.756 ~ 702.721	0.177	0.011
3	烏溪/東勢閣坑	90	73	0.641	0.000	34.859 ~ 627.154	0.144	0.008
4	烏溪/茄苳寮	90	75	0.655	0.000	30.114 ~ 562.605	0.161	0.009
5	烏溪/烏牛欄溪	90	81	0.735	0.000	32.456 ~ 547.426	0.229	0.014
6	濁水溪/南清水溝溪	89	71	0.664	0.000	22.544 ~ 524.245	0.113	0.005
7	北港溪/黃德坑溪	87	76	0.624	0.000	18.052 ~ 478.664	0.115	0.004
8	濁水溪/東埔蚋溪	87	76	0.627	0.000	20.623 ~ 440.052	0.108	0.005
9	大安溪/大安溪中游	91	81	0.764	0.000	21.829 ~ 409.656	0.159	0.008
10	烏溪/樟平溪	89	80	0.660	0.000	19.331 ~ 384.121	0.179	0.009
11	大甲溪/大崎	91	83	0.832	0.000	25.557 ~ 383.316	0.177	0.012
12	烏溪/北坑	89	75	0.759	0.000	19.099 ~ 376.848	0.167	0.008
13	烏溪/頭汴坑溪	87	73	0.638	0.000	11.784 ~ 373.751	0.093	0.003
14	大安溪/老莊溪	91	80	0.750	0.000	25.380 ~ 371.761	0.163	0.011
15	大甲溪/中崙溪	90	78	0.707	0.000	18.763 ~ 350.931	0.151	0.008
16	濁水溪/桶頭	90	80	0.729	0.000	16.438 ~ 342.878	0.100	0.005
17	大安溪/景山溪	87	79	0.593	0.000	5.776 ~ 333.691	0.102	0.002
18	濁水溪/加走寮溪	91	75	0.474	0.000	9.264 ~ 311.369	0.075	0.002
19	烏溪/隘寮溪	90	78	0.702	0.000	18.768 ~ 308.509	0.180	0.011
20	大甲溪/食水崙溪	89	74	0.794	0.000	19.117 ~ 292.325	0.175	0.011
21	烏溪/象鼻坑	90	75	0.686	0.000	10.463 ~ 290.989	0.155	0.006
22	大安溪/乾溪	85	75	0.364	0.092	13.492 ~ 274.566	0.080	0.004
23	濁水溪/鯉魚尾	91	80	0.826	0.000	14.174 ~ 272.704	0.154	0.008
24	濁水溪/石鼓盤溪	75	60	0.189	0.000	2.232 ~ 272.469	0.044	<0.001
25	濁水溪/大坑	91	84	0.748	0.000	9.686 ~ 269.945	0.105	0.004
26	大甲溪/橫流溪	83	71	0.467	0.000	10.430 ~ 266.860	0.084	0.003
27	大甲溪/青山	66	54	0.125	0.000	1.548 ~ 258.682	0.035	<0.001

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
28	北港溪/嵌頂溪	84	73	0.468	0.000	9.489 ~ 249.821	0.085	0.003
29	濁水溪/杉林溪	79	65	0.220	0.000	2.504 ~ 235.398	0.053	<0.001
30	大安溪/雙坑	85	76	0.527	0.000	6.871 ~ 226.371	0.105	0.003
31	員林大排水/湳雅	82	75	0.300	0.000	4.271 ~ 213.449	0.088	0.002
32	大安溪/南坑溪	70	62	0.156	0.052	4.350 ~ 213.177	0.046	<0.001
33	大甲溪/小雪溪	69	58	0.141	0.000	4.961 ~ 212.022	0.046	0.001
34	後龍溪/後龍溪上游	80	70	0.267	0.000	2.749 ~ 206.164	0.050	<0.001
35	濁水溪/草嶺	79	68	0.233	0.000	5.365 ~ 201.775	0.054	0.001
36	濁水溪/集集	89	68	0.608	0.000	8.569 ~ 201.517	0.074	0.003
37	濁水溪/溪頭	82	69	0.532	0.000	3.510 ~ 180.858	0.052	0.001
38	大安溪/百川山	76	68	0.201	0.000	6.198 ~ 178.274	0.063	0.002
39	大甲溪/志樂溪	59	48	0.084	0.000	0.000 ~ 175.447	0.020	0.000
40	大安溪/蟾蜍石	85	76	0.617	0.087	8.432 ~ 174.783	0.098	0.005
41	烏溪/內城	81	68	0.374	0.000	0.305 ~ 171.269	0.051	<0.001
42	大甲溪/石角溪	85	76	0.422	0.000	2.071 ~ 158.214	0.072	<0.001
43	濁水溪/生毛樹溪	76	65	0.244	0.000	0.222 ~ 155.783	0.037	<0.001
44	濁水溪/石鰻坑	81	74	0.389	0.000	4.024 ~ 154.843	0.067	0.002
45	濁水溪/內茅埔	72	64	0.156	0.000	0.317 ~ 147.831	0.038	<0.001
46	大安溪/雪山坑	79	73	0.222	0.078	4.059 ~ 145.535	0.063	0.002
47	後龍溪/汶水溪	68	56	0.129	0.003	0.000 ~ 139.784	0.031	0.000
48	大甲溪/和平	80	70	0.329	0.000	1.488 ~ 138.183	0.050	<0.001
49	後龍溪/小南勢	76	67	0.188	0.000	3.829 ~ 137.025	0.047	0.001
50	濁水溪/阿里山溪	71	62	0.150	0.000	0.793 ~ 128.239	0.038	<0.001
51	大甲溪/東卯溪	77	66	0.315	0.000	3.928 ~ 125.651	0.043	0.001
52	大安溪/馬達拉	56	42	0.070	0.000	0.000 ~ 124.264	0.006	0.000
53	大安溪/復興山	62	55	0.106	0.035	0.904 ~ 123.879	0.031	<0.001
54	大甲溪/谷關	75	65	0.207	0.000	1.361 ~ 122.172	0.052	<0.001
55	濁水溪/南清水溝溪上游	75	69	0.190	0.000	2.041 ~ 120.451	0.049	<0.001

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
56	大甲溪/十分溪	68	58	0.139	0.000	1.480 ~ 118.595	0.039	<0.001
57	烏溪/山茶鍋坑	76	67	0.221	0.018	1.119 ~ 117.610	0.035	<0.001
58	大甲溪/天輪壩	71	63	0.160	0.000	3.676 ~ 114.042	0.050	0.002
59	烏溪/芬園	85	71	0.446	0.000	4.999 ~ 113.330	0.031	0.001
60	朴子溪/樟腦寮	71	63	0.149	0.000	0.656 ~ 113.213	0.031	<0.001
61	濁水溪/望鄉	65	57	0.123	0.000	1.929 ~ 111.973	0.028	<0.001
62	大安溪/伯公坑	79	71	0.194	0.000	0.000 ~ 109.730	0.048	0.000
63	後龍溪/大湖溪	71	59	0.150	0.048	0.304 ~ 102.034	0.036	<0.001
64	濁水溪/郡大溪	54	37	0.062	0.000	0.763 ~ 100.649	0.002	<0.001
65	大安溪/佳仁山	61	53	0.097	0.030	1.823 ~ 99.260	0.026	<0.001
66	大安溪/大安	72	64	0.170	0.000	1.721 ~ 99.113	0.042	<0.001
67	烏溪/食水坑	78	70	0.269	0.000	0.554 ~ 97.752	0.052	<0.001
68	濁水溪/香林	64	58	0.114	0.000	0.000 ~ 96.818	0.031	0.000
69	烏溪/九仙溪	59	52	0.086	0.029	1.255 ~ 96.701	0.025	<0.001
70	濁水溪/卓棍溪	63	53	0.105	0.000	0.000 ~ 95.398	0.025	0.000
71	濁水溪/地利	57	52	0.072	0.000	0.488 ~ 93.136	0.021	<0.001
72	烏溪/小出山	59	50	0.088	0.000	0.579 ~ 92.845	0.023	<0.001
73	烏溪/平林溪	75	67	0.131	0.000	0.000 ~ 91.107	0.024	0.000
74	八掌溪/石卓	65	58	0.121	0.000	0.000 ~ 89.999	0.027	0.000
75	大安溪/雪見	64	59	0.112	0.047	1.491 ~ 89.011	0.032	<0.001
76	大安溪/麻必浩溪	75	69	0.190	0.075	3.259 ~ 85.797	0.052	0.002
77	大甲溪/抽藤坑溪	78	69	0.197	0.000	0.310 ~ 84.339	0.047	<0.001
78	濁水溪/神木	62	53	0.101	0.033	0.000 ~ 84.303	0.028	0.000
79	洋仔厝溪/大村	82	67	0.414	0.000	0.222 ~ 84.086	0.028	<0.001
80	大安溪/北坑溪	59	50	0.084	0.026	0.000 ~ 84.024	0.021	0.000
81	曾文溪/達邦	57	50	0.073	0.000	0.000 ~ 82.983	0.018	0.000
82	烏溪/水長流溪	73	64	0.177	0.000	0.322 ~ 82.351	0.033	<0.001
83	濁水溪/郡坑溪	65	54	0.115	0.034	0.484 ~ 82.054	0.029	<0.001
84	後龍溪/老雞隆河	75	63	0.194	0.000	0.000 ~ 80.425	0.026	0.000

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
85	濁水溪/郡坑	70	61	0.140	0.000	0.822 ~ 79.001	0.028	<0.001
86	烏溪/金子坑	70	62	0.149	0.000	0.000 ~ 78.587	0.016	0.000
87	後龍溪/東洗水溪	60	52	0.085	0.031	0.753 ~ 77.000	0.027	<0.001
88	後龍溪/上島	64	55	0.115	0.040	0.000 ~ 74.649	0.030	0.000
89	烏溪/後寮溪	79	70	0.234	0.000	0.000 ~ 74.018	0.042	0.000
90	曾文溪/達德安	62	52	0.105	0.000	0.257 ~ 72.533	0.023	<0.001
91	大甲溪/松鶴	73	62	0.143	0.000	0.727 ~ 70.458	0.023	<0.001
92	曾文溪/隙頂	61	53	0.081	0.000	0.000 ~ 69.121	0.021	0.000
93	濁水溪/鹿林	57	50	0.073	0.026	0.000 ~ 68.614	0.020	0.000
94	後龍溪/象鼻嘴	70	57	0.113	0.000	0.000 ~ 68.057	0.021	0.000
95	濁水溪/豐丘	65	59	0.118	0.000	0.567 ~ 66.003	0.025	<0.001
96	曾文溪/長谷川溪	60	53	0.083	0.000	0.000 ~ 65.768	0.023	0.000
97	烏溪/陽岸溪	62	56	0.106	0.037	1.270 ~ 64.866	0.030	<0.001
98	烏溪/關刀溪	58	50	0.079	0.026	0.000 ~ 64.732	0.022	0.000
99	西湖溪/深水	77	69	0.144	0.000	0.000 ~ 62.859	0.034	0.000
100	北港溪/中林溪	76	67	0.202	0.000	1.026 ~ 61.980	0.036	<0.001
101	烏溪/八仙山東側	61	55	0.093	0.037	0.240 ~ 58.363	0.028	<0.001
102	烏溪/帖比倫溪	58	49	0.080	0.000	0.000 ~ 58.019	0.021	0.000
103	烏溪/樁谷溪	54	48	0.060	0.000	0.222 ~ 56.258	0.013	<0.001
104	烏溪/東光溪	57	50	0.063	0.000	0.000 ~ 55.489	0.015	0.000
105	濁水溪/十八重溪 上游	57	51	0.073	0.027	0.000 ~ 53.133	0.020	0.000
106	濁水溪/和社溪	61	54	0.096	0.000	0.378 ~ 52.981	0.022	<0.001
107	濁水溪/五里亭	54	47	0.063	0.000	0.000 ~ 52.005	0.012	0.000
108	八掌溪/板仔龍	63	57	0.106	0.000	0.000 ~ 50.463	0.022	0.000
109	後龍溪/出磺坑	68	61	0.140	0.000	0.000 ~ 49.780	0.028	0.000
110	曾文溪/里佳	55	49	0.058	0.000	0.000 ~ 47.463	0.015	0.000
111	烏溪/草魚潭	72	62	0.171	0.003	0.553 ~ 47.057	0.013	<0.001
112	濁水溪/玉峰	74	66	0.173	0.000	0.331 ~ 45.784	0.024	<0.001
113	大甲溪/德基	55	50	0.063	0.000	0.241 ~ 44.631	0.020	<0.001

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
114	濁水溪/東埔	56	50	0.072	0.000	0.251 ~ 43.915	0.016	<0.001
115	八掌溪/內腦寮	57	52	0.073	0.000	0.000 ~ 43.423	0.019	0.000
116	鳳山溪/新城圳	35	31	0.000	0.000	0.000 ~ 43.293	0.012	0.000
117	大甲溪/白毛臺	71	67	0.107	0.000	0.000 ~ 43.283	0.025	0.000
118	後龍溪/沙河溪	59	51	0.084	0.000	0.000 ~ 41.565	0.012	0.000
119	濁水溪/水里	69	61	0.145	0.000	0.340 ~ 41.338	0.021	<0.001
120	烏溪/眉原溪	63	55	0.092	0.000	0.000 ~ 39.302	0.011	0.000
121	烏溪/萬社	90	69	0.618	0.000	2.793 ~ 39.245	0.054	0.004
122	濁水溪/十八重溪	60	55	0.092	0.035	0.000 ~ 39.161	0.024	0.000
123	北港溪/葉子寮溪	72	61	0.170	0.000	0.549 ~ 36.870	0.012	<0.001
124	後龍溪/新店	58	54	0.070	0.000	0.000 ~ 35.517	0.018	0.000
125	烏溪/翠巒	54	47	0.061	0.000	0.000 ~ 34.723	0.008	0.000
126	濁水溪/農富坪	59	52	0.082	0.000	0.000 ~ 34.008	0.019	0.000
127	高屏溪/旗山溪上游	53	44	0.057	0.000	0.000 ~ 33.528	0.003	0.000
128	濁水溪/益則坑	64	56	0.080	0.000	0.000 ~ 32.721	0.011	0.000
129	濁水溪/沙里仙溪	53	46	0.058	0.000	0.000 ~ 29.316	0.006	0.000
130	北港溪/竹尾子	80	77	0.266	0.000	0.327 ~ 27.172	0.075	<0.001
131	曾文溪/山美	53	48	0.054	0.000	0.000 ~ 26.188	0.008	0.000
132	烏溪/瑞岩溪	54	46	0.062	0.000	0.000 ~ 25.653	0.006	0.000
133	大甲溪/佳陽	53	48	0.057	0.000	0.000 ~ 25.356	0.010	0.000
134	烏溪/牛眠	60	52	0.065	0.000	0.000 ~ 25.355	0.011	0.000
135	濁水溪/日月潭水庫	64	56	0.098	0.000	0.000 ~ 25.080	0.012	0.000
136	後龍溪/福基	64	55	0.106	0.000	0.000 ~ 25.070	0.020	0.000
137	鳳山溪/錦山	32	29	0.000	0.000	0.000 ~ 24.834	0.008	0.000
138	濁水溪/外埔	88	82	0.468	0.000	1.802 ~ 24.825	0.059	0.004
139	後龍溪/獅潭	54	48	0.057	0.000	0.000 ~ 23.747	0.008	0.000
140	大安溪/大安溪下游	90	69	0.633	0.000	0.733 ~ 23.399	0.063	0.002
141	大甲溪/比壽潭山	57	53	0.069	0.032	0.391 ~ 22.325	0.024	<0.001

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
142	鳳山溪/新城溪	31	29	0.000	0.000	0.000 ~ 21.957	0.014	0.000
143	朴子溪/塘下寮	64	60	0.112	0.000	0.000 ~ 21.513	0.010	0.000
144	曾文溪/沙力基溪	53	45	0.053	0.000	0.000 ~ 19.273	0.004	0.000
145	烏溪/貓羅溪	86	80	0.380	0.000	0.360 ~ 17.635	0.011	<0.001
146	房裡溪/房裡溪	74	66	0.092	0.000	0.000 ~ 17.201	0.019	0.000
147	大甲溪/裡冷溪	67	60	0.107	0.000	0.000 ~ 16.857	0.008	0.000
148	鳳山溪/內立	33	31	0.000	0.000	0.000 ~ 16.617	0.006	0.000
149	烏溪/東埔溪	55	48	0.056	0.000	0.000 ~ 14.335	0.006	0.000
150	烏溪/北山坑	69	62	0.036	0.000	0.000 ~ 13.384	0.004	0.000
151	烏溪/力行	53	45	0.055	0.000	0.000 ~ 13.369	0.005	0.000
152	八掌溪/中埔	53	49	0.053	0.000	0.000 ~ 12.767	0.005	0.000
153	烏溪/果子林	51	46	0.049	0.000	0.000 ~ 12.385	0.005	0.000
154	烏溪/大林溪	60	54	0.064	0.000	0.000 ~ 11.868	0.007	0.000
155	後龍溪/明德水庫	54	46	0.055	0.000	0.000 ~ 11.722	0.003	0.000
156	西湖溪/水甲埔	69	54	0.037	0.000	0.000 ~ 8.991	0.003	0.000
157	濁水溪/文文社	51	42	0.046	0.000	0.000 ~ 8.794	0.001	0.000
158	大甲溪/大甲溪下游	90	67	0.739	0.000	0.000 ~ 8.672	0.027	0.000
159	頭前溪/那羅溪	37	33	0.000	0.000	0.000 ~ 8.400	0.002	0.000
160	朴子溪/清水溪	60	56	0.091	0.000	0.000 ~ 8.258	0.005	0.000
161	濁水溪/新年莊	67	63	0.032	0.000	0.000 ~ 8.166	0.003	0.000
162	濁水溪/陳有蘭溪上游	52	44	0.048	0.000	0.000 ~ 7.426	0.002	0.000
163	八掌溪/內湖	56	52	0.065	0.000	0.000 ~ 6.397	0.004	0.000
164	苑裡溪/苑裡	71	58	0.062	0.000	0.000 ~ 5.766	0.003	0.000
165	濁水溪/木屐寮	89	87	0.428	0.000	0.328 ~ 5.690	0.121	0.007
166	曾文溪/新美	52	44	0.049	0.000	0.000 ~ 5.217	0.001	0.000
167	北港溪/虎尾溪	80	62	0.206	0.000	0.000 ~ 4.565	0.033	0.000
168	濁水溪/丹大溪	51	34	0.046	0.000	0.000 ~ 4.350	<0.001	0.000
169	頭前溪/華興	35	32	0.000	0.000	0.000 ~ 3.935	0.001	0.000

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
170	大甲溪/梨山	51	45	0.048	0.000	0.000 ~ 3.815	0.001	0.000
171	八掌溪/蘭潭水庫	57	54	0.078	0.000	0.000 ~ 3.304	0.003	0.000
172	烏溪/崁子腳	72	63	0.058	0.000	0.000 ~ 3.234	0.003	0.000
173	通霄溪/南勢溪	69	58	0.032	0.000	0.000 ~ 3.216	0.002	0.000
174	大甲溪/沙鹿	70	63	0.045	0.000	0.000 ~ 2.869	0.002	0.000
175	濁水溪/濁水溪下游	89	73	0.560	0.000	0.000 ~ 2.761	0.106	0.000
176	烏溪/埔源	67	60	0.024	0.000	0.000 ~ 2.690	0.001	0.000
177	客雅溪排水/青草湖	38	34	0.000	0.000	0.000 ~ 2.674	<0.001	0.000
178	烏溪/墘溪	51	46	0.035	0.000	0.000 ~ 2.468	0.001	0.000
179	頭前溪/尖石山	34	31	0.000	0.000	0.000 ~ 2.089	<0.001	0.000
180	鹽港溪排水/山頂	40	36	0.000	0.000	0.000 ~ 1.734	<0.001	0.000
181	烏溪/南山溪	50	44	0.045	0.000	0.000 ~ 1.293	<0.001	0.000
182	溫寮溪/大甲	70	67	0.047	0.000	0.000 ~ 1.088	0.006	0.000
183	八掌溪/中崙	50	46	0.033	0.000	0.000 ~ 0.955	<0.001	0.000
184	洋仔厝溪/彰化沿海	71	67	0.052	0.000	0.000 ~ 0.877	0.003	0.000
185	濁水溪/五城	63	59	0.052	0.000	0.000 ~ 0.754	<0.001	0.000
186	高屏溪/拉庫邦溪	50	42	0.045	0.000	0.000 ~ 0.309	<0.001	0.000
187	烏溪/桃米溪	60	51	0.038	0.000	0.000 ~ 0.282	<0.001	0.000
188	鳳山溪/竹北	32	29	0.000	0.000	0.000 ~ 0.240	0.002	0.000
189	頭前溪/新社	36	33	0.000	0.000	0.000 ~ 0.204	0.004	0.000
190	烏溪/大冷坑	63	58	0.008	0.000	0.000 ~ 0.158	<0.001	0.000
191	頭前溪/新竹市	37	34	0.000	0.000	0.000 ~ 0.120	<0.001	0.000
	合計					647.489 ~ 21347.14		

附錄三 潮州斷層坡面崩塌評估 (Mw=7.7)

(一) PGA 指標

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
1	高屏溪/口社溪	447	338	0.200	0.000	27.041 ~ 580.208	0.063	0.003
2	高屏溪/隘寮北溪	424	312	0.179	0.000	15.698 ~ 541.975	0.048	0.001
3	高屏溪/隘寮北溪上游	345	248	0.088	0.000	1.220 ~ 469.151	0.025	<0.001
4	高屏溪/寶來溪上游	427	310	0.182	0.000	5.090 ~ 457.245	0.047	<0.001
5	高屏溪/六龜	485	442	0.571	0.000	10.665 ~ 448.447	0.119	0.003
6	高屏溪/甲仙	456	359	0.213	0.000	2.186 ~ 426.313	0.055	<0.001
7	林邊溪/瓦魯斯溪	441	343	0.182	0.000	18.557 ~ 413.430	0.060	0.003
8	高屏溪/馬里山溪上游	394	300	0.143	0.000	3.122 ~ 395.573	0.041	<0.001
9	高屏溪/荖濃	485	418	0.574	0.000	14.254 ~ 390.237	0.102	0.004
10	高屏溪/隘寮南溪上游	400	326	0.136	0.071	11.402 ~ 364.417	0.050	0.002
11	高屏溪/扇平	470	397	0.239	0.103	18.474 ~ 336.012	0.091	0.005
12	高屏溪/杉林	467	348	0.203	0.000	1.867 ~ 316.572	0.048	<0.001
13	東港溪/萬安	467	392	0.222	0.000	9.696 ~ 307.764	0.073	0.002
14	高屏溪/多納	447	358	0.204	0.079	8.902 ~ 299.315	0.067	0.002
15	高屏溪/桃源	452	386	0.207	0.000	10.228 ~ 299.268	0.075	0.003
16	高屏溪/新發	485	419	0.539	0.000	9.958 ~ 297.073	0.096	0.003
17	高屏溪/錫安山	449	359	0.200	0.000	5.663 ~ 267.355	0.065	0.001
18	高屏溪/寶來溪	470	391	0.195	0.101	6.605 ~ 261.609	0.078	0.002
19	高屏溪/馬里山溪	393	339	0.142	0.081	3.855 ~ 259.402	0.054	<0.001
20	林邊溪/來義	475	399	0.375	0.000	10.053 ~ 254.856	0.073	0.003
21	高屏溪/高樹	473	419	0.373	0.000	12.329 ~ 254.670	0.079	0.004
22	高屏溪/達卡努瓦	386	305	0.130	0.000	1.957 ~ 251.667	0.041	<0.001
23	林邊溪/來社溪	423	343	0.149	0.088	11.112 ~ 250.729	0.057	0.003
24	高屏溪/雙溪	467	393	0.450	0.000	3.012 ~ 249.388	0.071	<0.001

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
25	林邊溪/七佳溪	403	333	0.139	0.044	7.905 ~ 246.671	0.050	0.002
26	高屏溪/寶來	484	428	0.241	0.000	10.490 ~ 239.868	0.089	0.004
27	高屏溪/邦復溪	458	388	0.215	0.097	4.762 ~ 232.692	0.074	0.002
28	高屏溪/溫泉溪	404	325	0.148	0.068	2.239 ~ 231.188	0.051	<0.001
29	枋山溪/西都驕溪	373	309	0.110	0.052	1.379 ~ 230.016	0.041	<0.001
30	高屏溪/茂林	464	392	0.216	0.103	5.152 ~ 229.953	0.080	0.002
31	曾文溪/南化水庫	388	324	0.134	0.000	1.411 ~ 221.696	0.022	<0.001
32	率芒溪/士文溪	451	381	0.209	0.101	3.902 ~ 220.337	0.065	0.001
33	高屏溪/大鬼湖	360	280	0.099	0.000	1.052 ~ 210.525	0.034	<0.001
34	高屏溪/復興	372	320	0.118	0.000	4.287 ~ 200.214	0.045	<0.001
35	林邊溪/南和	469	398	0.322	0.000	6.099 ~ 199.194	0.069	0.002
36	高屏溪/拉克斯溪	341	281	0.085	0.000	0.989 ~ 195.723	0.032	<0.001
37	林邊溪/力里溪	396	313	0.135	0.034	6.544 ~ 185.154	0.045	0.002
38	金崙溪/金崙溪上游	351	269	0.095	0.036	2.742 ~ 176.762	0.032	<0.001
39	高屏溪/隘寮南溪	433	375	0.160	0.000	7.215 ~ 176.077	0.062	0.003
40	東港溪/牛角灣溪	485	433	0.542	0.000	8.936 ~ 171.372	0.085	0.004
41	南湖溪/南勢湖溪	459	376	0.203	0.000	1.686 ~ 170.141	0.063	<0.001
42	高屏溪/濁口溪上游	360	304	0.106	0.050	2.554 ~ 159.058	0.038	<0.001
43	東港溪/泰武	472	437	0.395	0.000	3.537 ~ 157.594	0.081	0.002
44	枋山溪/枋山	393	322	0.118	0.000	1.682 ~ 146.118	0.038	<0.001
45	太麻里溪/太麻里溪上游	341	296	0.088	0.049	2.256 ~ 144.235	0.034	<0.001
46	高屏溪/老人溪	424	371	0.179	0.092	3.006 ~ 128.264	0.067	0.002
47	高屏溪/勤和	398	362	0.145	0.000	2.094 ~ 126.718	0.053	<0.001
48	率芒溪/草山溪	462	373	0.196	0.000	3.860 ~ 120.921	0.064	0.002
49	大武溪/茶牙溪	340	273	0.084	0.000	1.766 ~ 118.898	0.029	<0.001

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
50	率芒溪/舊力里	394	338	0.128	0.067	2.438 ~ 113.781	0.049	0.001
51	卑南溪/伊加之番	311	266	0.063	0.000	0.270 ~ 111.279	0.024	<0.001
52	大竹溪/大竹溪	335	281	0.079	0.000	0.550 ~ 105.811	0.030	<0.001
53	太麻里溪/斗里 斗里溪	309	272	0.062	0.000	0.000 ~ 104.095	0.023	0.000
54	高屏溪/三地門	471	423	0.270	0.000	3.527 ~ 101.762	0.066	0.002
55	曾文溪/草蘭溪	359	300	0.100	0.000	0.000 ~ 101.207	0.035	0.000
56	北勢溪/春日	474	435	0.355	0.000	2.876 ~ 100.060	0.068	0.002
57	高屏溪/樟山	341	301	0.085	0.000	0.515 ~ 97.248	0.033	<0.001
58	卑南溪/出雲山	305	256	0.058	0.028	0.000 ~ 92.248	0.022	0.000
59	枋山溪/枋山溪 上游	348	296	0.095	0.000	0.271 ~ 90.344	0.032	<0.001
60	高屏溪/唯金溪	304	271	0.059	0.035	0.271 ~ 89.837	0.023	<0.001
61	卑南溪/基利山	309	264	0.062	0.033	0.349 ~ 89.741	0.024	<0.001
62	卑南溪/麻乾於 巒	313	270	0.065	0.037	0.329 ~ 89.255	0.025	<0.001
63	高屏溪/新望嶺	322	278	0.072	0.000	0.570 ~ 83.669	0.028	<0.001
64	高屏溪/棚機山	298	247	0.055	0.000	0.266 ~ 81.335	0.018	<0.001
65	高屏溪/溝坪溪	375	330	0.099	0.000	0.000 ~ 79.784	0.023	0.000
66	卑南溪/新武	282	240	0.043	0.000	0.000 ~ 78.865	0.015	0.000
67	卑南溪/常盤山	301	252	0.056	0.025	0.314 ~ 78.806	0.020	<0.001
68	金崙溪/古達卡 斯	335	266	0.079	0.032	0.000 ~ 78.405	0.025	0.000
69	曾文溪/新美	301	245	0.057	0.000	0.000 ~ 78.104	0.018	0.000
70	高屏溪/荖濃山	281	245	0.045	0.000	0.000 ~ 77.801	0.016	0.000
71	楓港溪/新路	338	293	0.082	0.000	0.000 ~ 77.440	0.023	0.000
72	知本溪/知本溪 上游	324	277	0.073	0.039	0.000 ~ 74.265	0.028	0.000
73	卑南溪/阿蘭山	284	249	0.045	0.000	0.000 ~ 71.327	0.017	0.000
74	曾文溪/曾文水 庫東岸	336	289	0.075	0.000	0.000 ~ 71.149	0.016	0.000
75	大武溪/茶茶牙 頓	318	267	0.068	0.000	0.278 ~ 70.439	0.024	<0.001

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
76	楓港溪/丹路	315	277	0.063	0.000	0.000 ~ 70.082	0.021	0.000
77	太麻里溪/包盛社	347	299	0.090	0.048	1.279 ~ 68.581	0.038	<0.001
78	曾文溪/茶山	336	289	0.081	0.000	0.000 ~ 66.105	0.028	0.000
79	高屏溪/梅山	303	265	0.058	0.036	0.000 ~ 63.574	0.023	0.000
80	四重溪/里仁溪	282	254	0.044	0.000	0.000 ~ 59.943	0.015	0.000
81	十里溪/十里溪	422	388	0.145	0.052	1.047 ~ 59.573	0.056	<0.001
82	卑南溪/麻須保留	287	248	0.048	0.000	0.000 ~ 59.197	0.017	0.000
83	安朔溪/安朔溪上游	317	271	0.067	0.000	0.000 ~ 57.052	0.021	0.000
84	知本溪/蓬萊山	301	260	0.056	0.029	0.241 ~ 55.867	0.021	<0.001
85	大武溪/加羅板	314	239	0.065	0.000	0.000 ~ 55.730	0.016	0.000
86	率芒溪/士文溪上游	380	358	0.125	0.082	1.767 ~ 55.625	0.055	0.002
87	楓港溪/草埔	297	248	0.053	0.000	0.000 ~ 53.275	0.015	0.000
88	曾文溪/沙力基溪	282	238	0.046	0.000	0.000 ~ 53.058	0.012	0.000
89	大竹溪/新興	285	249	0.046	0.000	0.000 ~ 51.342	0.017	0.000
90	高屏溪/竹子門溝	446	397	0.226	0.000	0.000 ~ 48.911	0.051	0.000
91	太麻里溪/救國救爾溪	278	253	0.043	0.029	0.000 ~ 46.266	0.017	0.000
92	大竹溪/六禮	318	284	0.068	0.000	0.000 ~ 45.292	0.027	0.000
93	枋山溪/獅子頭沿海	362	331	0.091	0.000	0.000 ~ 44.565	0.031	0.000
94	卑南溪/美夫馬	289	256	0.049	0.027	0.000 ~ 44.472	0.019	0.000
95	曾文溪/大埔橋	310	278	0.063	0.000	0.000 ~ 44.117	0.021	0.000
96	石盤溪/竹坑沿海	302	244	0.053	0.000	0.000 ~ 43.456	0.017	0.000
97	鳳山溪/新城圳	22	20	0.000	0.000	0.000 ~ 43.293	0.012	0.000
98	知本溪/知本溪中游	277	241	0.042	0.000	0.254 ~ 39.655	0.014	<0.001
99	曾文溪/楠西	306	269	0.049	0.000	0.000 ~ 39.095	0.010	0.000
100	卑南溪/北絲鬬	280	230	0.043	0.000	0.000 ~ 38.710	0.009	0.000

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
	溪							
101	曾文溪/山美	268	237	0.038	0.000	0.000 ~ 37.045	0.011	0.000
102	曾文溪/後堀溪 中游	366	288	0.111	0.000	0.000 ~ 36.359	0.010	0.000
103	金崙溪/歷坵	269	225	0.039	0.000	0.000 ~ 33.422	0.008	0.000
104	安朔溪/安朔	285	245	0.044	0.000	0.000 ~ 33.398	0.012	0.000
105	高屏溪/天池	269	229	0.038	0.000	0.000 ~ 29.446	0.007	0.000
106	曾文溪/玉井	355	285	0.094	0.000	0.000 ~ 29.418	0.013	0.000
107	曾文溪/曾文水 庫西岸	295	253	0.048	0.000	0.000 ~ 28.059	0.007	0.000
108	高屏溪/美濃	406	349	0.136	0.000	0.000 ~ 28.008	0.028	0.000
109	曾文溪/南化	356	288	0.102	0.000	0.000 ~ 27.224	0.006	0.000
110	四重溪/大梅溪	291	247	0.049	0.000	0.000 ~ 25.690	0.014	0.000
111	鳳山溪/錦山	20	19	0.000	0.000	0.000 ~ 24.834	0.008	0.000
112	鳳山溪/新城溪	20	18	0.000	0.000	0.000 ~ 21.957	0.014	0.000
113	曾文溪/密枝溪	341	292	0.087	0.000	0.000 ~ 21.601	0.008	0.000
114	急水溪/東原	271	238	0.040	0.000	0.000 ~ 20.014	0.005	0.000
115	朝庸溪/朝庸溪	279	248	0.040	0.000	0.000 ~ 18.438	0.010	0.000
116	曾文溪/油車溪	342	302	0.089	0.000	0.318 ~ 17.522	0.009	<0.001
117	大竹溪/土板	267	235	0.037	0.000	0.000 ~ 17.498	0.005	0.000
118	鳳山溪/內立	20	19	0.000	0.000	0.000 ~ 16.617	0.006	0.000
119	卑南溪/坑頭	262	228	0.035	0.000	0.000 ~ 16.443	0.004	0.000
120	二仁溪/內門	334	290	0.080	0.000	0.000 ~ 15.257	0.006	0.000
121	卑南溪/利稻	268	221	0.038	0.000	0.000 ~ 14.998	0.005	0.000
122	高屏溪/拉庫邦 溪	261	223	0.033	0.000	0.000 ~ 14.899	0.002	0.000
123	知本溪/中之山	260	234	0.034	0.000	0.000 ~ 14.749	0.006	0.000
124	曾文溪/後湖溪	277	249	0.037	0.000	0.000 ~ 14.195	0.010	0.000
125	太麻里溪/介達	260	230	0.035	0.000	0.000 ~ 14.122	0.004	0.000
126	卑南溪/鹿野溪	265	220	0.035	0.000	0.000 ~ 13.432	0.002	0.000
127	津林溪/加津林	277	226	0.039	0.000	0.000 ~ 13.377	0.006	0.000

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
	溪							
128	烏萬溪/烏萬溪	269	232	0.037	0.000	0.000 ~ 13.085	0.006	0.000
129	達仁溪/達仁	272	243	0.039	0.000	0.000 ~ 13.069	0.009	0.000
130	二仁溪/木柵	332	299	0.078	0.000	0.000 ~ 12.719	0.009	0.000
131	利嘉溪/索那拉溪	259	217	0.032	0.000	0.000 ~ 8.417	0.001	0.000
132	頭前溪/那羅溪	24	21	0.000	0.000	0.000 ~ 8.400	0.002	0.000
133	曾文溪/烏山頭水庫	273	224	0.041	0.000	0.000 ~ 8.399	0.002	0.000
134	四重溪/牡丹溪	258	238	0.032	0.000	0.000 ~ 8.289	0.003	0.000
135	卑南溪/摩天	258	227	0.034	0.000	0.000 ~ 6.521	0.003	0.000
136	卑南溪/間場內	258	214	0.032	0.000	0.000 ~ 5.770	<0.001	0.000
137	阿公店溪/阿公店水庫	300	249	0.052	0.000	0.000 ~ 5.726	0.002	0.000
138	高屏溪/廣福	453	428	0.311	0.000	0.000 ~ 5.202	0.054	0.000
139	急水溪/六重溪	261	222	0.034	0.000	0.000 ~ 5.197	0.002	0.000
140	二仁溪/牛寮溪	318	269	0.067	0.000	0.000 ~ 5.118	0.003	0.000
141	急水溪/白河水庫	256	214	0.032	0.000	0.000 ~ 4.871	0.002	0.000
142	頭前溪/華興	22	19	0.000	0.000	0.000 ~ 3.935	0.001	0.000
143	曾文溪/大內	288	230	0.039	0.000	0.000 ~ 3.777	<0.001	0.000
144	高屏溪/旗山	352	313	0.095	0.000	0.000 ~ 3.601	0.002	0.000
145	高屏溪/嶺口	332	301	0.063	0.000	0.000 ~ 3.031	0.001	0.000
146	二仁溪/牛稠埔溪	308	256	0.061	0.000	0.000 ~ 2.896	0.002	0.000
147	北勢溪/枋寮沿海	471	455	0.384	0.000	0.000 ~ 2.854	0.048	0.000
148	客雅溪排水/青草湖	22	20	0.000	0.000	0.000 ~ 2.674	<0.001	0.000
149	四重溪/四重溪	262	230	0.036	0.000	0.000 ~ 2.651	<0.001	0.000
150	高屏溪/高屏溪	483	271	0.350	0.000	0.000 ~ 2.568	0.002	0.000
151	頭前溪/尖石山	22	20	0.000	0.000	0.000 ~ 2.089	<0.001	0.000
152	鹽港溪排水/山頂	23	22	0.000	0.000	0.000 ~ 1.734	<0.001	0.000

編號	河川/集水區	PGA _{max} (gal)	PGA _{min} (gal)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
153	曾文溪/里佳	252	230	0.031	0.000	0.000 ~ 1.656	<0.001	0.000
154	塔瓦溪/塔瓦溪	255	237	0.032	0.000	0.000 ~ 1.321	0.003	0.000
155	二仁溪/田寮	317	260	0.049	0.000	0.000 ~ 0.651	<0.001	0.000
156	二仁溪/松子腳溪	299	254	0.047	0.000	0.000 ~ 0.606	<0.001	0.000
157	卑南溪/鹿寮溪上游	250	223	0.031	0.000	0.000 ~ 0.582	<0.001	0.000
158	曾文溪/草山溪	317	272	0.055	0.000	0.000 ~ 0.556	<0.001	0.000
159	八掌溪/中崙	251	229	0.030	0.000	0.000 ~ 0.545	<0.001	0.000
160	典寶溪排水/深水溪	312	269	0.047	0.000	0.000 ~ 0.488	<0.001	0.000
161	鳳山溪/竹北	20	18	0.000	0.000	0.000 ~ 0.240	0.002	0.000
162	高屏溪/玉德山	252	211	0.030	0.000	0.000 ~ 0.207	<0.001	0.000
163	頭前溪/新社	22	20	0.000	0.000	0.000 ~ 0.204	0.004	0.000
164	頭前溪/新竹市	22	20	0.000	0.000	0.000 ~ 0.120	<0.001	0.000
	合計					338.219 ~ 17374.75		

(二) PGV 指標

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
1	高屏溪/六龜	91	84	0.848	0.000	25.786 ~ 608.678	0.162	0.007
2	高屏溪/口社溪	84	66	0.256	0.000	26.765 ~ 574.184	0.062	0.003
3	高屏溪/隘寮北溪 上游	68	51	0.128	0.028	3.742 ~ 537.396	0.029	<0.001
4	高屏溪/隘寮北溪	81	62	0.235	0.000	13.962 ~ 504.270	0.045	0.001
5	高屏溪/寶來溪上 游	81	62	0.238	0.000	7.770 ~ 471.046	0.048	<0.001
6	高屏溪/甲仙	86	70	0.270	0.000	3.456 ~ 458.928	0.059	<0.001
7	高屏溪/荖濃	91	80	0.794	0.000	18.090 ~ 413.620	0.108	0.005
8	高屏溪/馬里山溪 上游	76	60	0.197	0.000	5.569 ~ 403.096	0.041	<0.001
9	林邊溪/瓦魯斯溪	83	67	0.238	0.000	17.109 ~ 383.620	0.055	0.002
10	高屏溪/隘寮南溪 上游	77	64	0.178	0.061	12.611 ~ 357.257	0.049	0.002
11	曾文溪/南化水庫	75	64	0.187	0.000	2.631 ~ 342.891	0.034	<0.001
12	高屏溪/扇平	88	76	0.295	0.088	19.543 ~ 333.970	0.090	0.005
13	高屏溪/杉林	88	68	0.268	0.000	1.310 ~ 309.841	0.047	<0.001
14	高屏溪/新發	91	80	0.729	0.000	12.733 ~ 307.944	0.099	0.004
15	高屏溪/桃源	85	74	0.264	0.000	10.535 ~ 276.823	0.069	0.003
16	高屏溪/馬里山溪	76	67	0.196	0.071	8.860 ~ 275.013	0.057	0.002
17	高屏溪/多納	84	70	0.260	0.070	6.099 ~ 274.981	0.062	0.001
18	高屏溪/寶來溪	88	75	0.252	0.086	10.988 ~ 271.880	0.081	0.003
19	高屏溪/錫安山	85	70	0.257	0.000	6.347 ~ 265.802	0.064	0.002
20	東港溪/萬安	88	75	0.278	0.000	7.374 ~ 262.962	0.062	0.002
21	高屏溪/高樹	89	80	0.553	0.000	12.810 ~ 259.234	0.080	0.004
22	高屏溪/雙溪	88	76	0.657	0.000	3.786 ~ 253.874	0.072	0.001
23	高屏溪/達卡努瓦	74	61	0.183	0.000	2.586 ~ 247.162	0.040	<0.001
24	高屏溪/拉克斯溪	67	57	0.130	0.000	3.978 ~ 240.502	0.039	<0.001
25	高屏溪/邦復溪	86	75	0.271	0.084	6.687 ~ 238.578	0.076	0.002
26	高屏溪/溫泉溪	77	64	0.202	0.060	2.326 ~ 229.152	0.050	<0.001
27	林邊溪/來義	89	76	0.555	0.000	8.130 ~ 228.975	0.065	0.002

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
28	枋山溪/西都驕溪	72	61	0.156	0.049	2.709 ~ 227.328	0.041	<0.001
29	林邊溪/七佳溪	77	65	0.189	0.063	6.084 ~ 225.042	0.046	0.001
30	高屏溪/大鬼湖	70	57	0.144	0.000	1.891 ~ 223.443	0.036	<0.001
31	高屏溪/茂林	87	75	0.357	0.088	5.653 ~ 221.923	0.078	0.002
32	高屏溪/寶來	90	81	0.297	0.000	8.695 ~ 220.026	0.082	0.003
33	林邊溪/來社溪	80	67	0.203	0.070	7.123 ~ 213.652	0.049	0.002
34	高屏溪/復興	72	63	0.170	0.000	4.163 ~ 208.936	0.046	<0.001
35	林邊溪/南和	88	76	0.505	0.000	5.377 ~ 192.818	0.067	0.002
36	率芒溪/士文溪	85	74	0.324	0.086	2.864 ~ 191.780	0.056	<0.001
37	金崙溪/金崙溪上游	68	55	0.143	0.036	4.396 ~ 188.374	0.034	<0.001
38	太麻里溪/太麻里溪上游	67	59	0.135	0.047	6.172 ~ 177.683	0.042	0.001
39	東港溪/牛角灣溪	91	82	0.732	0.000	9.665 ~ 177.442	0.088	0.005
40	林邊溪/力里溪	76	62	0.188	0.053	4.468 ~ 163.266	0.040	0.001
41	高屏溪/濁口溪上游	70	61	0.155	0.047	3.741 ~ 163.164	0.039	<0.001
42	南湖溪/南勢湖溪	86	73	0.260	0.000	1.924 ~ 155.290	0.058	<0.001
43	枋山溪/枋山	75	64	0.168	0.000	1.145 ~ 151.540	0.040	<0.001
44	東港溪/泰武	88	83	0.574	0.000	2.751 ~ 147.439	0.076	0.001
45	高屏溪/隘寮南溪	82	73	0.162	0.000	4.602 ~ 144.418	0.051	0.002
46	卑南溪/伊加之番	62	54	0.097	0.000	0.592 ~ 122.293	0.026	<0.001
47	高屏溪/老人溪	81	72	0.235	0.080	3.243 ~ 120.392	0.062	0.002
48	高屏溪/唯金溪	61	55	0.096	0.036	0.727 ~ 118.306	0.031	<0.001
49	高屏溪/勤和	76	70	0.199	0.000	1.320 ~ 115.605	0.048	<0.001
50	大武溪/茶牙溪	67	55	0.118	0.000	2.061 ~ 113.862	0.028	<0.001
51	太麻里溪/斗里斗里溪	61	55	0.098	0.000	0.222 ~ 112.856	0.025	<0.001
52	率芒溪/草山溪	87	72	0.309	0.000	3.126 ~ 112.057	0.059	0.002
53	率芒溪/舊力里	76	66	0.181	0.061	3.032 ~ 108.369	0.047	0.001
54	高屏溪/樟山	67	60	0.129	0.000	0.495 ~ 107.351	0.036	<0.001

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
55	曾文溪/草蘭溪	70	60	0.148	0.000	0.000 ~ 107.309	0.037	0.000
56	北勢溪/春日	89	82	0.536	0.000	3.799 ~ 103.122	0.070	0.003
57	高屏溪/荖濃山	57	51	0.074	0.027	0.236 ~ 102.999	0.021	<0.001
58	卑南溪/出雲山	61	53	0.090	0.031	0.262 ~ 102.946	0.024	<0.001
59	大竹溪/大竹溪	66	57	0.116	0.000	0.851 ~ 100.633	0.029	<0.001
60	卑南溪/新武	57	50	0.067	0.000	0.000 ~ 99.917	0.018	0.000
61	曾文溪/新美	60	51	0.088	0.000	0.000 ~ 99.489	0.023	0.000
62	卑南溪/麻乾於巒	62	55	0.098	0.036	0.920 ~ 96.663	0.027	<0.001
63	高屏溪/三地門	88	80	0.447	0.000	2.959 ~ 94.848	0.062	0.002
64	高屏溪/棚機山	60	51	0.083	0.000	0.833 ~ 94.408	0.021	<0.001
65	卑南溪/基利山	61	54	0.098	0.033	0.408 ~ 92.736	0.025	<0.001
66	高屏溪/新望嶺	64	56	0.108	0.000	1.427 ~ 92.143	0.031	<0.001
67	金崙溪/古達卡斯	66	54	0.106	0.035	0.236 ~ 89.061	0.028	<0.001
68	枋山溪/枋山溪上游	68	59	0.143	0.000	0.000 ~ 87.120	0.031	0.000
69	卑南溪/常盤山	60	52	0.089	0.029	0.368 ~ 87.026	0.022	<0.001
70	卑南溪/阿蘭山	57	51	0.071	0.029	0.000 ~ 81.653	0.020	0.000
71	楓港溪/新路	66	59	0.096	0.000	0.000 ~ 80.654	0.024	0.000
72	曾文溪/沙力基溪	57	49	0.075	0.000	0.000 ~ 80.481	0.018	0.000
73	卑南溪/麻須保留	58	51	0.070	0.028	0.655 ~ 77.603	0.022	<0.001
74	高屏溪/溝坪溪	73	65	0.106	0.000	0.000 ~ 76.872	0.022	0.000
75	曾文溪/曾文水庫東岸	66	58	0.119	0.000	0.000 ~ 76.348	0.017	0.000
76	知本溪/知本溪上游	64	56	0.116	0.038	0.000 ~ 75.272	0.028	0.000
77	楓港溪/丹路	63	56	0.097	0.000	0.000 ~ 74.853	0.022	0.000
78	曾文溪/茶山	66	58	0.127	0.000	0.248 ~ 73.331	0.031	<0.001
79	大武溪/茶茶牙頓	63	54	0.099	0.000	0.323 ~ 70.946	0.024	<0.001
80	太麻里溪/包盛社	68	60	0.137	0.046	1.413 ~ 70.899	0.039	<0.001
81	高屏溪/梅山	60	54	0.087	0.037	0.000 ~ 65.852	0.024	0.000

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
82	卑南溪/北絲蘭溪	57	48	0.068	0.000	0.000 ~ 64.451	0.016	0.000
83	四重溪/里仁溪	57	52	0.063	0.000	0.000 ~ 64.396	0.017	0.000
84	高屏溪/天池	55	48	0.064	0.000	0.253 ~ 63.111	0.014	<0.00 1
85	知本溪/蓬萊山	60	53	0.090	0.033	0.000 ~ 61.248	0.023	0.000
86	曾文溪/山美	55	49	0.062	0.000	0.000 ~ 61.248	0.018	0.000
87	大武溪/加羅板	62	50	0.100	0.000	0.000 ~ 58.843	0.017	0.000
88	高屏溪/竹子門溝	84	76	0.397	0.000	0.000 ~ 58.264	0.061	0.000
89	安朔溪/安朔溪上游	63	55	0.098	0.000	0.000 ~ 58.055	0.022	0.000
90	率芒溪/士文溪上游	73	70	0.177	0.072	2.440 ~ 57.937	0.057	0.002
91	楓港溪/草埔	59	51	0.060	0.000	0.000 ~ 57.023	0.016	0.000
92	大竹溪/新興	57	51	0.071	0.000	0.000 ~ 56.863	0.019	0.000
93	曾文溪/大埔橋	62	56	0.102	0.000	0.000 ~ 55.768	0.027	0.000
94	十里溪/十里溪	80	75	0.165	0.082	1.172 ~ 54.682	0.052	0.001
95	知本溪/知本溪中游	56	50	0.071	0.000	0.314 ~ 54.495	0.019	<0.00 1
96	高屏溪/拉庫邦溪	53	47	0.058	0.000	0.000 ~ 53.342	0.008	0.000
97	卑南溪/美夫馬	58	52	0.073	0.030	0.000 ~ 51.492	0.022	0.000
98	金崙溪/歷坵	55	47	0.063	0.000	0.000 ~ 50.123	0.012	0.000
99	曾文溪/楠西	61	55	0.083	0.000	0.000 ~ 49.626	0.013	0.000
100	太麻里溪/救國救爾溪	56	52	0.066	0.030	0.000 ~ 48.236	0.018	0.000
101	曾文溪/後堀溪中游	71	58	0.162	0.000	0.000 ~ 47.215	0.013	0.000
102	大竹溪/六禮	63	57	0.102	0.000	0.471 ~ 47.190	0.028	<0.00 1
103	石盤溪/竹坑沿海	60	50	0.083	0.000	0.000 ~ 46.153	0.018	0.000
104	枋山溪/獅子頭沿海	70	65	0.096	0.000	0.000 ~ 44.537	0.031	0.000
105	鳳山溪/新城圳	7	7	0.000	0.000	0.000 ~ 43.293	0.012	0.000
106	卑南溪/坑頭	53	48	0.052	0.000	0.000 ~ 42.204	0.009	0.000
107	卑南溪/鹿野溪	54	46	0.053	0.000	0.236 ~ 40.620	0.007	<0.00 1

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
108	太麻里溪/介達	53	48	0.055	0.000	0.000 ~ 38.044	0.010	0.000
109	高屏溪/美濃	78	68	0.177	0.000	0.000 ~ 35.684	0.036	0.000
110	安朔溪/安朔	57	51	0.053	0.000	0.000 ~ 34.983	0.012	0.000
111	曾文溪/曾文水庫 西岸	59	52	0.067	0.000	0.000 ~ 33.182	0.009	0.000
112	大竹溪/土板	54	49	0.056	0.000	0.000 ~ 32.971	0.010	0.000
113	曾文溪/玉井	69	57	0.135	0.000	0.000 ~ 32.185	0.014	0.000
114	曾文溪/南化	69	58	0.152	0.000	0.000 ~ 31.589	0.007	0.000
115	卑南溪/間場內	53	45	0.049	0.000	0.000 ~ 31.586	0.005	0.000
116	利嘉溪/索那拉溪	53	46	0.051	0.000	0.000 ~ 31.085	0.005	0.000
117	知本溪/中之山	53	49	0.057	0.000	0.000 ~ 28.059	0.011	0.000
118	卑南溪/利稻	55	46	0.056	0.000	0.000 ~ 27.617	0.009	0.000
119	四重溪/大梅溪	58	51	0.056	0.000	0.000 ~ 26.531	0.015	0.000
120	曾文溪/密枝溪	67	59	0.134	0.000	0.000 ~ 25.541	0.010	0.000
121	曾文溪/里佳	52	48	0.051	0.000	0.000 ~ 25.087	0.008	0.000
122	鳳山溪/錦山	7	7	0.000	0.000	0.000 ~ 24.834	0.008	0.000
123	急水溪/東原	55	49	0.066	0.000	0.000 ~ 23.382	0.006	0.000
124	四重溪/牡丹溪	53	49	0.050	0.000	0.000 ~ 23.255	0.010	0.000
125	曾文溪/油車溪	67	60	0.136	0.000	0.348 ~ 22.287	0.011	<0.00 1
126	鳳山溪/新城溪	7	7	0.000	0.000	0.000 ~ 21.957	0.014	0.000
127	朝庸溪/朝庸溪	56	51	0.046	0.000	0.000 ~ 20.840	0.011	0.000
128	津林溪/加津林溪	56	47	0.047	0.000	0.000 ~ 20.027	0.009	0.000
129	烏萬溪/烏萬溪	55	48	0.041	0.000	0.000 ~ 19.392	0.010	0.000
130	曾文溪/後湖溪	56	51	0.062	0.000	0.000 ~ 17.977	0.012	0.000
131	達仁溪/達仁	55	50	0.065	0.000	0.000 ~ 16.881	0.012	0.000
132	鳳山溪/內立	7	7	0.000	0.000	0.000 ~ 16.617	0.006	0.000
133	卑南溪/鹿寮溪上 游	51	47	0.049	0.000	0.000 ~ 16.372	0.004	0.000
134	二仁溪/內門	66	58	0.088	0.000	0.000 ~ 16.082	0.006	0.000
135	卑南溪/摩天	53	47	0.051	0.000	0.000 ~ 15.185	0.007	0.000

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
136	急水溪/白河水庫	53	45	0.054	0.000	0.000 ~ 14.818	0.005	0.000
137	卑南溪/向陽	51	48	0.048	0.000	0.253 ~ 14.382	0.005	<0.001
138	八掌溪/中崙	52	48	0.049	0.000	0.000 ~ 13.904	0.007	0.000
139	二仁溪/木柵	65	60	0.124	0.000	0.000 ~ 12.703	0.009	0.000
140	四重溪/四重溪	54	48	0.058	0.000	0.000 ~ 12.438	0.004	0.000
141	高屏溪/玉德山	52	45	0.051	0.000	0.000 ~ 11.905	0.002	0.000
142	曾文溪/烏山頭水庫	55	47	0.066	0.000	0.000 ~ 10.082	0.002	0.000
143	高屏溪/廣福	85	81	0.527	0.000	0.000 ~ 8.910	0.092	0.000
144	頭前溪/那羅溪	8	7	0.000	0.000	0.000 ~ 8.400	0.002	0.000
145	阿公店溪/阿公店水庫	60	51	0.055	0.000	0.000 ~ 7.799	0.003	0.000
146	急水溪/六重溪	53	47	0.057	0.000	0.000 ~ 7.753	0.003	0.000
147	乾溪/乾溪	51	49	0.049	0.000	0.000 ~ 5.854	0.007	0.000
148	二仁溪/牛寮溪	63	55	0.076	0.000	0.000 ~ 5.363	0.003	0.000
149	高屏溪/旗山	69	62	0.144	0.000	0.000 ~ 4.982	0.003	0.000
150	塔瓦溪/塔瓦溪	52	49	0.037	0.000	0.000 ~ 4.877	0.010	0.000
151	曾文溪/大內	58	48	0.066	0.000	0.000 ~ 4.332	<0.001	0.000
152	知本溪/知本山莊	51	44	0.049	0.000	0.000 ~ 4.191	<0.001	0.000
153	頭前溪/華興	7	7	0.000	0.000	0.000 ~ 3.935	0.001	0.000
154	旭海溪/旭海	51	46	0.033	0.000	0.000 ~ 3.828	0.002	0.000
155	高屏溪/高屏溪	90	55	0.500	0.000	0.000 ~ 3.588	0.003	0.000
156	二仁溪/牛稠埔溪	61	52	0.070	0.000	0.000 ~ 3.442	0.002	0.000
157	北勢溪/枋寮沿海	88	86	0.564	0.000	0.000 ~ 3.398	0.057	0.000
158	八掌溪/中埔	51	43	0.049	0.000	0.000 ~ 3.086	0.001	0.000
159	高屏溪/嶺口	65	60	0.071	0.000	0.000 ~ 2.990	0.001	0.000
160	客雅溪排水/青草湖	8	7	0.000	0.000	0.000 ~ 2.674	<0.001	0.000
161	頭前溪/尖石山	8	7	0.000	0.000	0.000 ~ 2.089	<0.001	0.000
162	八掌溪/鹿寮水庫	51	44	0.049	0.000	0.000 ~ 1.826	<0.001	0.000

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
163	鹽港溪排水/山頂	8	7	0.000	0.000	0.000 ~ 1.734	<0.001	0.000
164	二仁溪/松子腳溪	60	52	0.053	0.000	0.000 ~ 0.777	<0.001	0.000
165	曾文溪/草山溪	63	55	0.055	0.000	0.000 ~ 0.766	<0.001	0.000
166	二仁溪/田寮	63	53	0.055	0.000	0.000 ~ 0.686	<0.001	0.000
167	典寶溪排水/深水溪	62	55	0.045	0.000	0.000 ~ 0.469	<0.001	0.000
168	曾文溪/隙頂	50	44	0.044	0.000	0.000 ~ 0.431	<0.001	0.000
169	鳳山溪/竹北	7	7	0.000	0.000	0.000 ~ 0.240	0.002	0.000
170	頭前溪/新社	8	7	0.000	0.000	0.000 ~ 0.204	0.004	0.000
171	頭前溪/新竹市	8	7	0.000	0.000	0.000 ~ 0.120	<0.001	0.000
	合計					380.25 ~ 18400.14		

附錄四 池上斷層坡面崩塌評估 (Mw=7.7)

(一) PGA 指標

編號	河川/集水區	PGA _{max} (cm/s ²)	PGA _{min} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
1	卑南溪/泥水溪	483	436	0.484	0.000	18.275 ~ 396.632	0.112	0.005
2	卑南溪/電光	485	434	0.458	0.000	20.816 ~ 336.613	0.127	0.008
3	秀姑巒溪/安通溪	482	421	0.425	0.000	16.858 ~ 334.293	0.114	0.006
4	卑南溪/大崙溪	404	329	0.137	0.071	12.582 ~ 325.877	0.055	0.002
5	秀姑巒溪/樂樂溪	447	350	0.247	0.000	23.835 ~ 311.733	0.065	0.005
6	秀姑巒溪/樂合溪	475	399	0.466	0.000	14.516 ~ 298.604	0.083	0.004
7	卑南溪/鹿野	474	422	0.454	0.000	14.608 ~ 283.627	0.120	0.006
8	秀姑巒溪/石平溪	474	403	0.460	0.000	18.974 ~ 272.259	0.087	0.006
9	秀姑巒溪/柏南山	400	318	0.145	0.040	11.348 ~ 269.382	0.053	0.002
10	卑南溪/美奈田	361	301	0.106	0.000	3.599 ~ 264.914	0.038	0.001
11	秀姑巒溪/馬西桑	451	365	0.277	0.093	18.956 ~ 258.321	0.074	0.005
12	卑南溪/鹿寮溪	459	360	0.184	0.000	11.769 ~ 257.738	0.060	0.003
13	秀姑巒溪/崙山	461	378	0.322	0.000	14.432 ~ 257.506	0.064	0.004
14	秀姑巒溪/九岸溪	484	407	0.462	0.000	10.525 ~ 250.901	0.076	0.003
15	秀姑巒溪/卓溪	461	380	0.343	0.000	12.185 ~ 249.611	0.066	0.003
16	秀姑巒溪/高寮溪	479	435	0.489	0.000	9.707 ~ 243.409	0.092	0.004
17	秀姑巒溪/龍泉	453	386	0.252	0.110	16.037 ~ 243.328	0.075	0.005
18	秀姑巒溪/苓雅溪	478	420	0.421	0.000	6.732 ~ 234.867	0.082	0.002
19	卑南溪/鹿寮溪中游	390	322	0.127	0.063	7.971 ~ 234.515	0.048	0.002
20	水母溪/水母丁溪	429	371	0.187	0.000	7.667 ~ 225.687	0.054	0.002
21	秀姑巒溪/豐坪溪	380	320	0.105	0.062	10.986 ~ 222.799	0.044	0.002
22	秀姑巒溪/富源	345	281	0.088	0.042	8.668 ~ 219.470	0.032	0.001

編號	河川/集水區	PGA _{max} (cm/s ²)	PGA _{min} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
	溪上游							
23	秀姑巒溪/阿眉溪	483	409	0.477	0.000	7.718 ~ 215.111	0.080	0.003
24	秀姑巒溪/石厝溝	439	391	0.226	0.000	7.956 ~ 212.250	0.069	0.003
25	秀姑巒溪/秀姑巒溪上游	471	407	0.425	0.000	13.328 ~ 204.754	0.076	0.005
26	馬武溪/七塊厝	444	392	0.296	0.000	3.767 ~ 201.301	0.063	0.001
27	卑南溪/崁頂溪	454	404	0.271	0.000	13.193 ~ 199.044	0.074	0.005
28	卑南溪/下馬	405	303	0.141	0.055	7.079 ~ 186.825	0.046	0.002
29	秀姑巒溪/秀姑巒溪下游	422	365	0.176	0.000	8.015 ~ 184.902	0.044	0.002
30	秀姑巒溪/鯢溪	481	434	0.449	0.000	9.260 ~ 184.349	0.101	0.005
31	卑南溪/轆轤	363	300	0.102	0.053	4.909 ~ 181.980	0.040	0.001
32	卑南溪/加拿溪	456	394	0.326	0.000	10.909 ~ 175.645	0.072	0.004
33	秀姑巒溪/巴瓦薩庫	396	332	0.117	0.077	2.701 ~ 175.213	0.047	0.001
34	秀姑巒溪/闊闊斯溪	303	231	0.058	0.000	0.763 ~ 169.602	0.015	<0.001
35	秀姑巒溪/豐坪溪中游	333	284	0.078	0.043	3.974 ~ 162.682	0.031	0.001
36	秀姑巒溪/紅葉溪	389	351	0.123	0.087	12.695 ~ 153.184	0.051	0.004
37	卑南溪/紅葉	384	324	0.113	0.000	5.968 ~ 153.029	0.045	0.002
38	馬武溪/馬武溪	441	366	0.220	0.000	2.759 ~ 151.110	0.041	0.001
39	秀姑巒溪/塔洛木溪	374	329	0.115	0.073	6.300 ~ 150.854	0.045	0.002
40	秀姑巒溪/馬霍斯溪	303	237	0.056	0.000	0.433 ~ 143.945	0.018	<0.001
41	卑南溪/鹿野溪	317	258	0.067	0.030	0.523 ~ 138.553	0.024	<0.001
42	卑南溪/海端	432	375	0.201	0.000	7.824 ~ 135.915	0.062	0.004
43	馬武溪/東河農場	443	372	0.271	0.000	3.414 ~ 135.186	0.052	0.001
44	秀姑巒溪/和留山	429	389	0.159	0.000	7.826 ~ 134.997	0.065	0.004
45	秀姑巒溪/紅葉內溫泉	461	386	0.217	0.000	10.066 ~ 132.047	0.053	0.004

編號	河川/集水區	PGA _{max} (cm/s ²)	PGA _{min} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
46	秀姑巒溪/伊霍 霍爾溪	333	285	0.079	0.045	2.687 ~ 130.975	0.031	0.001
47	卑南溪/鹿寮溪 上游	339	299	0.084	0.052	1.108 ~ 129.444	0.034	<0.001
48	卑南溪/坑頭	317	275	0.067	0.037	2.450 ~ 124.397	0.028	0.001
49	卑南溪/佟闊尼	367	329	0.107	0.065	1.390 ~ 120.723	0.045	0.001
50	秀姑巒溪/斯巴 夫南	375	331	0.108	0.079	6.263 ~ 120.110	0.047	0.002
51	卑南溪/新武	304	250	0.058	0.027	0.000 ~ 119.554	0.022	0.000
52	花蓮溪/馬大鞍 溪中游	302	250	0.055	0.000	0.552 ~ 118.369	0.020	<0.001
53	秀姑巒溪/馬遠 入山檢查哨	416	357	0.110	0.000	9.902 ~ 114.538	0.040	0.003
54	卑南溪/鹿鳴	457	380	0.181	0.000	4.336 ~ 114.231	0.040	0.002
55	秀姑巒溪/猴子 山	466	406	0.350	0.000	4.493 ~ 114.081	0.064	0.003
56	秀姑巒溪/舞樂 山	354	312	0.095	0.064	1.958 ~ 111.087	0.038	0.001
57	秀姑巒溪/馬憂 次託溪	329	289	0.077	0.000	1.161 ~ 109.579	0.031	<0.001
58	秀姑巒溪/玉里 事業區	326	269	0.073	0.035	0.000 ~ 108.871	0.026	0.000
59	馬武溪/德高老	437	380	0.207	0.000	2.167 ~ 108.424	0.042	0.001
60	秀姑巒溪/三叉 山東側	320	281	0.070	0.041	1.794 ~ 106.687	0.029	<0.001
61	卑南溪/新武呂 溪	319	273	0.069	0.036	0.221 ~ 104.125	0.028	<0.001
62	秀姑巒溪/大坡	484	441	0.467	0.000	6.352 ~ 103.949	0.088	0.005
63	都蘭溪/都蘭沿 海	416	352	0.155	0.000	1.763 ~ 103.929	0.033	0.001
64	秀姑巒溪/帕郎 薩克	387	335	0.123	0.080	4.333 ~ 102.831	0.048	0.002
65	卑南溪/間場內	295	239	0.053	0.000	0.000 ~ 99.242	0.017	0.000
66	卑南溪/新武呂 溪上游	309	253	0.062	0.000	0.000 ~ 98.886	0.020	0.000
67	卑南溪/暇末	384	352	0.118	0.085	5.149 ~ 98.205	0.053	0.003
68	花蓮溪/南清水 溪	326	276	0.072	0.000	1.558 ~ 93.699	0.023	<0.001

編號	河川/集水區	PGA _{max} (cm/s ²)	PGA _{min} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
69	花蓮溪/馬大鞍溪上游	284	242	0.047	0.000	0.731 ~ 89.941	0.014	<0.001
70	富家溪/三仙溪	411	327	0.152	0.000	2.081 ~ 88.575	0.032	0.001
71	秀姑巒溪/奇美西溪	415	351	0.122	0.000	1.092 ~ 86.093	0.033	<0.001
72	卑南溪/盆盆山	327	283	0.072	0.043	0.229 ~ 82.820	0.029	<0.001
73	卑南溪/北絲鬬溪	304	244	0.058	0.000	0.580 ~ 81.492	0.020	<0.001
74	秀姑巒溪/豐坪溪上游	292	258	0.051	0.028	0.000 ~ 78.357	0.020	0.000
75	卑南溪/松風溪	391	362	0.130	0.086	3.775 ~ 77.113	0.055	0.003
76	秀姑巒溪/富源溪	348	320	0.085	0.000	5.012 ~ 72.408	0.034	0.002
77	都威溪/都威溪	404	341	0.155	0.000	0.523 ~ 72.272	0.028	<0.001
78	馬武溪/美蘭	438	347	0.257	0.000	1.979 ~ 72.257	0.038	0.001
79	太平溪/大巴六九溪	333	298	0.077	0.000	0.613 ~ 71.622	0.028	<0.001
80	卑南溪/利稻	304	262	0.059	0.000	0.000 ~ 69.151	0.022	0.000
81	秀姑巒溪/樂樂溪上游	345	314	0.086	0.064	2.210 ~ 66.799	0.038	0.001
82	濁水溪/丹大溪	276	158	0.042	0.000	0.000 ~ 66.512	0.002	0.000
83	秀姑巒溪/拉庫拉庫	411	380	0.141	0.090	3.627 ~ 65.046	0.055	0.003
84	都蘭溪/都蘭	424	377	0.161	0.000	1.112 ~ 62.884	0.033	0.001
85	卑南溪/伊加之番	279	240	0.044	0.000	0.000 ~ 57.398	0.012	0.000
86	利嘉溪/比利良橋	307	277	0.060	0.000	0.885 ~ 56.900	0.023	<0.001
87	大德溪/竹湖沿海	423	369	0.178	0.000	0.380 ~ 56.813	0.030	<0.001
88	利嘉溪/大南溪	282	232	0.046	0.000	0.000 ~ 53.514	0.014	0.000
89	竹湖溪/竹湖溪	420	377	0.153	0.000	1.651 ~ 53.472	0.032	0.001
90	馬武溪/都歷沿海	388	345	0.132	0.000	1.065 ~ 52.705	0.016	<0.001
91	卑南溪/宏可	346	318	0.093	0.060	0.575 ~ 52.673	0.037	<0.001
92	利嘉溪/呂家山	308	264	0.062	0.031	0.560 ~ 50.643	0.023	<0.001

編號	河川/集水區	PGA _{max} (cm/s ²)	PGA _{min} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
93	沙灣溪/沙灣溪	411	358	0.163	0.000	1.055 ~ 50.221	0.024	<0.001
94	秀姑巒溪/塔達芬溪	276	227	0.042	0.000	0.000 ~ 49.617	0.008	0.000
95	卑南溪/出雲山	282	238	0.046	0.000	0.000 ~ 48.830	0.011	0.000
96	成功溪/新港溪	397	344	0.147	0.000	1.865 ~ 48.663	0.025	0.001
97	太平溪/萬萬	379	327	0.109	0.000	0.318 ~ 46.528	0.020	<0.001
98	鳳山溪/新城圳	38	35	0.000	0.000	0.000 ~ 43.293	0.012	0.000
99	卑南溪/摩天	288	257	0.049	0.029	0.000 ~ 41.984	0.020	0.000
100	卑南溪/利吉	426	330	0.166	0.000	2.020 ~ 41.019	0.023	0.001
101	寧埔溪/寧埔溪	416	368	0.170	0.000	0.467 ~ 39.790	0.031	<0.001
102	卑南溪/常盤山	278	230	0.044	0.000	0.000 ~ 36.562	0.009	0.000
103	卑南溪/向陽	275	242	0.042	0.000	0.000 ~ 35.143	0.012	0.000
104	濁水溪/郡大溪	271	161	0.039	0.000	0.000 ~ 34.740	0.001	0.000
105	豐濱溪/豐濱沿海	378	313	0.113	0.001	0.382 ~ 29.616	0.014	<0.001
106	高屏溪/拉庫音溪上游	270	218	0.040	0.000	0.000 ~ 29.547	0.005	0.000
107	鳳山溪/錦山	37	35	0.000	0.000	0.000 ~ 24.834	0.008	0.000
108	卑南溪/麻乾於巒	272	231	0.040	0.000	0.000 ~ 23.806	0.007	0.000
109	卑南溪/阿蘭山	263	234	0.037	0.000	0.000 ~ 23.667	0.006	0.000
110	利嘉溪/索那拉溪	263	214	0.037	0.000	0.000 ~ 22.364	0.004	0.000
111	鳳山溪/新城溪	35	33	0.000	0.000	0.000 ~ 21.957	0.014	0.000
112	秀姑巒溪/安夜西溪	412	340	0.087	0.000	0.000 ~ 21.426	0.010	0.000
113	知本溪/鎮樂	279	231	0.041	0.000	0.000 ~ 20.777	0.008	0.000
114	豐濱溪/豐濱溪	374	335	0.103	0.002	0.259 ~ 20.343	0.009	<0.001
115	長濱溪/長濱沿海	403	352	0.153	0.000	1.207 ~ 19.066	0.031	0.002
116	花蓮溪/馬大鞍溪	285	264	0.047	0.000	0.332 ~ 18.903	0.019	<0.001
117	卑南溪/美夫馬	262	236	0.035	0.000	0.000 ~ 17.250	0.008	0.000
118	鳳山溪/內立	35	31	0.000	0.000	0.000 ~ 16.617	0.006	0.000

編號	河川/集水區	PGA _{max} (cm/s ²)	PGA _{min} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
119	都蘭溪/杉原沿海	382	331	0.127	0.000	0.553 ~ 16.109	0.008	<0.001
120	花蓮溪/萬榮	265	241	0.037	0.000	0.000 ~ 15.284	0.008	0.000
121	城埔溪/城埔溪	397	352	0.138	0.000	0.603 ~ 12.772	0.027	0.001
122	山間溪/山間溪	389	358	0.137	0.000	0.357 ~ 12.631	0.011	<0.001
123	卑南溪/山里	404	338	0.063	0.000	0.000 ~ 10.319	0.007	0.000
124	馬海溪/馬海溪	396	354	0.131	0.000	0.000 ~ 9.653	0.027	0.000
125	卑南溪/基利山	262	226	0.035	0.000	0.000 ~ 8.547	0.002	0.000
126	頭前溪/那羅溪	43	38	0.000	0.000	0.000 ~ 8.400	0.002	0.000
127	花蓮溪/阿羅朗	340	266	0.047	0.000	0.000 ~ 7.380	0.003	0.000
128	三富溪/大峰峰圳	395	373	0.098	0.000	0.000 ~ 6.977	0.019	0.000
129	卑南溪/麻須保留	257	227	0.032	0.000	0.000 ~ 6.300	0.002	0.000
130	花蓮溪/山興	270	226	0.036	0.000	0.000 ~ 5.816	0.002	0.000
131	花蓮溪/萬里橋溪	258	228	0.033	0.000	0.000 ~ 5.530	0.002	0.000
132	卑南溪/卑南溪	483	352	0.356	0.000	0.000 ~ 4.429	0.018	0.000
133	加蘭溪/加蘭溪	296	227	0.031	0.000	0.000 ~ 4.344	0.001	0.000
134	豐濱溪/溪底	331	280	0.053	0.000	0.000 ~ 4.289	0.002	0.000
135	頭前溪/華興	38	32	0.000	0.000	0.000 ~ 3.935	0.001	0.000
136	豐濱溪/貓公溪	344	301	0.060	0.000	0.000 ~ 3.031	0.002	0.000
137	客雅溪排水/青草湖	36	32	0.000	0.000	0.000 ~ 2.674	0.001	0.000
138	頭前溪/尖石山	41	38	0.000	0.000	0.000 ~ 2.089	0.001	0.000
139	鹽港溪排水/山頂	37	34	0.000	0.000	0.000 ~ 1.734	0.001	0.000
140	卑南溪/瑞源	479	476	0.331	0.000	0.000 ~ 0.822	0.029	0.000
141	鳳山溪/竹北	36	31	0.000	0.000	0.000 ~ 0.240	0.002	0.000
142	頭前溪/新社	38	33	0.000	0.000	0.000 ~ 0.204	0.004	0.000
143	頭前溪/新竹市	38	32	0.000	0.000	0.000 ~ 0.120	<0.001	0.000
	合計					540.16 ~ 15048.15		

(二) PGV 指標

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
1	卑南溪/泥水溪	90	83	0.686	0.000	33.206 ~ 523.515	0.148	0.009
2	卑南溪/電光	91	82	0.631	0.000	42.307 ~ 515.748	0.195	0.016
3	秀姑巒溪/安通溪	90	80	0.719	0.000	33.697 ~ 489.420	0.166	0.011
4	秀姑巒溪/樂合溪	89	76	0.723	0.000	31.660 ~ 451.971	0.126	0.009
5	卑南溪/鹿野	89	80	0.707	0.000	35.227 ~ 436.893	0.184	0.015
6	秀姑巒溪/樂樂溪	84	68	0.457	0.000	28.980 ~ 362.926	0.075	0.006
7	水母溪/水母丁溪	81	72	0.504	0.000	18.652 ~ 353.616	0.084	0.004
8	秀姑巒溪/崙山	87	73	0.538	0.000	24.062 ~ 327.820	0.082	0.006
9	馬武溪/七塊厝	84	75	0.535	0.000	10.985 ~ 310.559	0.097	0.003
10	卑南溪/大崙溪	77	65	0.190	0.064	11.548 ~ 307.401	0.052	0.002
11	秀姑巒溪/石平溪	89	77	0.666	0.000	23.968 ~ 307.129	0.098	0.008
12	馬武溪/馬武溪	83	71	0.562	0.000	10.611 ~ 301.101	0.081	0.003
13	秀姑巒溪/馬西桑	85	71	0.538	0.080	23.028 ~ 292.005	0.083	0.007
14	秀姑巒溪/卓溪	87	73	0.559	0.000	17.024 ~ 291.532	0.077	0.004
15	秀姑巒溪/柏南山	77	63	0.199	0.057	14.087 ~ 289.386	0.056	0.003
16	秀姑巒溪/石厝溝	83	75	0.560	0.000	12.130 ~ 270.194	0.088	0.004
17	卑南溪/美奈田	70	60	0.155	0.000	5.275 ~ 269.977	0.038	<0.001
18	秀姑巒溪/鰲溪	90	82	0.623	0.000	18.098 ~ 269.375	0.148	0.010
19	秀姑巒溪/九岸溪	90	78	0.636	0.000	12.009 ~ 266.436	0.081	0.004
20	秀姑巒溪/龍泉	85	74	0.462	0.093	18.637 ~ 265.319	0.081	0.006
21	秀姑巒溪/高寮溪	90	82	0.690	0.000	11.352 ~ 261.948	0.098	0.004
22	秀姑巒溪/苓雅溪	89	80	0.632	0.000	9.602 ~ 260.097	0.090	0.003
23	秀姑巒溪/阿眉溪	90	78	0.648	0.000	13.334 ~ 257.720	0.096	0.005

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
24	秀姑巒溪/秀姑巒溪下游	80	71	0.329	0.000	12.763 ~ 249.067	0.059	0.003
25	卑南溪/鹿寮溪	86	70	0.420	0.000	11.714 ~ 247.232	0.058	0.003
26	秀姑巒溪/富源溪上游	68	57	0.128	0.040	10.645 ~ 238.246	0.035	0.002
27	馬武溪/東河農場	84	72	0.484	0.000	8.441 ~ 224.761	0.087	0.003
28	秀姑巒溪/闊闊斯溪	60	48	0.094	0.000	2.928 ~ 223.847	0.020	<0.001
29	卑南溪/鹿寮溪中游	75	64	0.176	0.058	7.118 ~ 220.708	0.045	0.001
30	馬武溪/德高老	83	73	0.409	0.000	10.248 ~ 219.119	0.086	0.004
31	卑南溪/崁頂溪	85	77	0.484	0.000	14.901 ~ 218.030	0.081	0.006
32	秀姑巒溪/秀姑巒溪上游	88	78	0.728	0.000	13.836 ~ 215.883	0.080	0.005
33	秀姑巒溪/豐坪溪	73	63	0.149	0.057	11.126 ~ 215.496	0.043	0.002
34	秀姑巒溪/豐坪溪中游	66	57	0.117	0.041	6.634 ~ 187.915	0.036	0.001
35	秀姑巒溪/馬霍斯溪	60	49	0.092	0.000	1.152 ~ 183.297	0.023	<0.001
36	卑南溪/加拿溪	86	76	0.542	0.000	12.463 ~ 180.529	0.073	0.005
37	卑南溪/轆轤	70	60	0.152	0.050	5.281 ~ 178.263	0.039	0.001
38	卑南溪/下馬	77	60	0.173	0.049	7.700 ~ 177.930	0.043	0.002
39	秀姑巒溪/塔洛木溪	72	65	0.166	0.062	8.530 ~ 172.795	0.052	0.003
40	都蘭溪/都蘭沿海	79	69	0.397	0.000	6.006 ~ 168.911	0.054	0.002
41	秀姑巒溪/巴瓦薩庫	76	65	0.168	0.063	3.554 ~ 168.436	0.045	<0.001
42	秀姑巒溪/猴子山	87	78	0.531	0.000	10.027 ~ 164.358	0.092	0.006
43	卑南溪/鹿野溪	63	53	0.107	0.034	1.735 ~ 161.418	0.028	<0.001
44	秀姑巒溪/伊霍霍爾溪	65	57	0.124	0.042	5.229 ~ 154.497	0.037	0.001
45	秀姑巒溪/奇美西溪	79	69	0.334	0.000	5.698 ~ 152.248	0.059	0.002
46	秀姑巒溪/紅葉	87	74	0.333	0.000	12.304 ~ 150.362	0.060	0.005

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
	內溫泉							
47	卑南溪/紅葉	74	64	0.160	0.000	5.464 ~ 146.671	0.043	0.002
48	秀姑巒溪/馬憂次託溪	65	58	0.121	0.000	5.096 ~ 146.310	0.041	0.001
49	秀姑巒溪/紅葉溪	75	69	0.175	0.074	11.923 ~ 145.995	0.048	0.004
50	秀姑巒溪/大坡	90	83	0.640	0.000	10.426 ~ 141.891	0.120	0.009
51	卑南溪/坑頭	63	56	0.109	0.037	4.299 ~ 141.882	0.032	<0.001
52	卑南溪/鹿鳴	86	73	0.308	0.000	5.901 ~ 140.492	0.049	0.002
53	秀姑巒溪/和留山	81	75	0.326	0.000	7.842 ~ 136.131	0.066	0.004
54	竹湖溪/竹湖溪	80	73	0.442	0.000	5.468 ~ 136.006	0.082	0.003
55	大德溪/竹湖沿海	80	72	0.409	0.000	4.914 ~ 135.054	0.072	0.003
56	卑南溪/海端	82	72	0.458	0.000	7.999 ~ 134.062	0.061	0.004
57	花蓮溪/馬大鞍溪中游	60	51	0.087	0.028	1.750 ~ 133.839	0.023	<0.001
58	秀姑巒溪/玉里事業區	64	55	0.113	0.035	1.407 ~ 132.485	0.031	<0.001
59	秀姑巒溪/斯巴夫南	73	65	0.152	0.064	7.981 ~ 132.422	0.052	0.003
60	卑南溪/新武	61	52	0.089	0.031	0.222 ~ 131.660	0.024	<0.001
61	卑南溪/佟闊尼	71	65	0.157	0.059	2.589 ~ 127.417	0.048	<0.001
62	卑南溪/鹿寮溪上游	67	60	0.128	0.048	0.545 ~ 126.015	0.033	<0.001
63	花蓮溪/馬大鞍溪上游	57	50	0.072	0.025	1.504 ~ 125.859	0.020	<0.001
64	濁水溪/丹大溪	56	35	0.071	0.000	0.256 ~ 125.123	0.005	<0.001
65	馬武溪/美蘭	83	68	0.468	0.000	4.201 ~ 123.753	0.065	0.002
66	秀姑巒溪/舞樂山	69	62	0.141	0.054	3.576 ~ 120.172	0.041	0.001
67	都蘭溪/都蘭	81	73	0.296	0.000	3.803 ~ 118.875	0.063	0.002
68	卑南溪/間場內	59	50	0.079	0.000	0.000 ~ 117.118	0.020	0.000
69	秀姑巒溪/帕郎薩克	74	66	0.166	0.065	5.471 ~ 117.098	0.055	0.003

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
70	沙灣溪/沙灣溪	78	70	0.353	0.000	1.714 ~ 115.739	0.054	<0.001
71	秀姑巒溪/三叉山東側	63	57	0.108	0.041	2.297 ~ 115.134	0.031	<0.001
72	秀姑巒溪/馬遠入山檢查哨	79	69	0.179	0.000	9.951 ~ 114.631	0.040	0.003
73	卑南溪/新武呂溪上游	62	52	0.091	0.000	0.000 ~ 110.326	0.023	0.000
74	卑南溪/新武呂溪	63	55	0.109	0.037	0.485 ~ 108.416	0.029	<0.001
75	馬武溪/都歷沿海	75	68	0.185	0.000	3.070 ~ 107.109	0.033	<0.001
76	秀姑巒溪/豐坪溪上游	59	53	0.083	0.033	1.186 ~ 106.716	0.027	<0.001
77	富家溪/三仙溪	78	65	0.207	0.000	2.456 ~ 105.816	0.038	<0.001
78	寧埔溪/寧埔溪	79	71	0.396	0.000	4.431 ~ 104.195	0.081	0.003
79	花蓮溪/南清水溪	64	56	0.110	0.000	2.675 ~ 102.558	0.025	<0.001
80	都威溪/都威溪	77	67	0.210	0.000	0.942 ~ 101.199	0.039	<0.001
81	卑南溪/暇末	74	69	0.169	0.075	6.106 ~ 100.138	0.054	0.003
82	卑南溪/北絲蘭溪	61	50	0.095	0.028	0.694 ~ 92.025	0.022	<0.001
83	卑南溪/伊加之番	56	50	0.071	0.000	0.000 ~ 85.969	0.018	0.000
84	秀姑巒溪/富源溪	68	63	0.127	0.000	5.700 ~ 80.731	0.038	0.003
85	卑南溪/盆盆山	64	57	0.111	0.041	0.288 ~ 80.467	0.028	<0.001
86	秀姑巒溪/塔達芬溪	56	48	0.067	0.000	0.000 ~ 79.914	0.013	0.000
87	成功溪/新港溪	76	67	0.201	0.000	3.181 ~ 76.472	0.040	0.002
88	卑南溪/利稻	61	54	0.091	0.000	0.000 ~ 75.243	0.024	0.000
89	卑南溪/出雲山	57	49	0.076	0.000	0.243 ~ 73.990	0.017	<0.001
90	太平溪/大巴六九溪	66	60	0.104	0.000	1.024 ~ 72.709	0.029	<0.001
91	卑南溪/松風溪	75	70	0.183	0.075	3.426 ~ 70.327	0.050	0.002
92	卑南溪/利吉	81	65	0.355	0.000	3.466 ~ 67.725	0.038	0.002
93	利嘉溪/大南溪	57	48	0.073	0.000	0.000 ~ 65.656	0.017	0.000

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
94	濁水溪/郡大溪	55	36	0.065	0.000	0.000 ~ 65.344	0.002	0.000
95	秀姑巒溪/安夜西溪	79	67	0.206	0.000	0.681 ~ 64.782	0.031	<0.001
96	秀姑巒溪/拉庫拉庫	78	73	0.145	0.078	3.799 ~ 64.027	0.054	0.003
97	秀姑巒溪/樂樂溪上游	67	62	0.131	0.055	2.026 ~ 63.219	0.036	0.001
98	太平溪/萬萬	73	64	0.115	0.000	0.339 ~ 62.615	0.028	<0.001
99	高屏溪/拉庫音溪上游	55	46	0.064	0.000	0.000 ~ 60.706	0.010	0.000
100	利嘉溪/呂家山	61	54	0.095	0.033	1.362 ~ 56.591	0.025	<0.001
101	卑南溪/宏可	68	63	0.140	0.055	0.510 ~ 56.526	0.040	<0.001
102	利嘉溪/比利良橋	61	56	0.079	0.000	0.912 ~ 54.927	0.022	<0.001
103	豐濱溪/豐濱沿海	73	62	0.163	0.005	0.757 ~ 53.573	0.025	<0.001
104	卑南溪/常盤山	56	48	0.072	0.000	0.000 ~ 52.349	0.013	0.000
105	卑南溪/阿蘭山	54	49	0.056	0.000	0.000 ~ 50.968	0.012	0.000
106	卑南溪/向陽	56	50	0.064	0.025	0.233 ~ 50.833	0.017	<0.001
107	豐濱溪/豐濱溪	72	66	0.151	0.011	0.678 ~ 47.733	0.020	<0.001
108	利嘉溪/索那拉溪	54	45	0.055	0.000	0.000 ~ 45.497	0.007	0.000
109	卑南溪/摩天	58	53	0.078	0.031	0.000 ~ 43.938	0.020	0.000
110	鳳山溪/新城圳	12	11	0.000	0.000	0.000 ~ 43.293	0.012	0.000
111	山間溪/山間溪	75	70	0.191	0.000	2.231 ~ 41.762	0.038	0.002
112	卑南溪/麻乾於巒	55	48	0.065	0.000	0.000 ~ 40.499	0.011	0.000
113	長濱溪/長濱沿海	77	69	0.252	0.000	2.102 ~ 34.652	0.057	0.003
114	都蘭溪/杉原沿海	74	65	0.179	0.000	0.336 ~ 34.588	0.018	<0.001
115	卑南溪/美夫馬	53	49	0.058	0.000	0.000 ~ 34.328	0.015	0.000
116	卑南溪/山里	77	66	0.135	0.000	0.000 ~ 32.244	0.022	0.000
117	知本溪/鎮樂	56	48	0.047	0.000	0.000 ~ 31.552	0.011	0.000
118	城埔溪/城埔溪	76	69	0.218	0.000	1.584 ~ 25.575	0.054	0.003

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
119	鳳山溪/錦山	11	11	0.000	0.000	0.000 ~ 24.834	0.008	0.000
120	卑南溪/基利山	54	47	0.050	0.000	0.000 ~ 24.019	0.006	0.000
121	卑南溪/麻須保留	53	47	0.055	0.000	0.000 ~ 23.266	0.007	0.000
122	鳳山溪/新城溪	11	10	0.000	0.000	0.000 ~ 21.957	0.014	0.000
123	花蓮溪/萬榮	54	50	0.036	0.000	0.000 ~ 21.688	0.011	0.000
124	三富溪/大峰峰圳	76	72	0.260	0.000	0.373 ~ 20.834	0.055	<0.001
125	花蓮溪/馬大鞍溪	57	54	0.046	0.000	0.325 ~ 18.237	0.018	<0.001
126	花蓮溪/萬里橋溪	53	48	0.050	0.000	0.504 ~ 17.688	0.008	<0.001
127	鳳山溪/內立	11	10	0.000	0.000	0.000 ~ 16.617	0.006	0.000
128	馬海溪/馬海溪	76	69	0.098	0.000	0.325 ~ 12.487	0.035	<0.001
129	花蓮溪/阿羅朗	67	54	0.070	0.000	0.000 ~ 10.694	0.004	0.000
130	花蓮溪/大觀	51	45	0.047	0.000	0.000 ~ 9.577	0.002	0.000
131	頭前溪/那羅溪	13	11	0.000	0.000	0.000 ~ 8.400	0.002	0.000
132	卑南溪/卑南溪	90	69	0.537	0.000	0.397 ~ 7.879	0.033	0.002
133	花蓮溪/山興	55	47	0.059	0.000	0.000 ~ 7.666	0.003	0.000
134	加蘭溪/加蘭溪	59	47	0.039	0.000	0.000 ~ 6.230	0.002	0.000
135	豐濱溪/貓公溪	67	60	0.068	0.000	0.000 ~ 5.771	0.004	0.000
136	豐濱溪/溪底	65	57	0.052	0.000	0.000 ~ 4.482	0.002	0.000
137	頭前溪/華興	11	10	0.000	0.000	0.000 ~ 3.935	0.001	0.000
138	客雅溪排水/青草湖	11	10	0.000	0.000	0.000 ~ 2.674	<0.001	0.000
139	頭前溪/尖石山	12	11	0.000	0.000	0.000 ~ 2.089	<0.001	0.000
140	高屏溪/馬里山溪上游	51	42	0.047	0.000	0.000 ~ 2.008	<0.001	0.000
141	鹽港溪排水/山頂	11	10	0.000	0.000	0.000 ~ 1.734	<0.001	0.000
142	花蓮溪/北丹大山	50	43	0.029	0.000	0.000 ~ 1.445	<0.001	0.000
143	高屏溪/隘寮北溪上游	50	39	0.033	0.000	0.000 ~ 1.189	<0.001	0.000

編號	河川/集水區	PGV _{max} (cm/s)	PGV _{max} (cm/s)	坡面單元 RL _{max}	坡面單元 RL _{min}	集水區崩塌面積 估計值(ha)	集水區 RL _{max}	集水區 RL _{min}
144	卑南溪/瑞源	90	89	0.455	0.000	0.000 ~ 1.132	0.040	0.000
145	知本溪/知本山莊	50	42	0.028	0.000	0.000 ~ 0.917	<0.001	0.000
146	豐濱溪/丁子漏溪	66	62	0.016	0.002	0.000 ~ 0.800	<0.001	0.000
147	高屏溪/寶來溪上游	50	40	0.045	0.000	0.000 ~ 0.692	<0.001	0.000
148	高屏溪/大鬼湖	50	42	0.027	0.000	0.000 ~ 0.410	<0.001	0.000
149	鳳山溪/竹北	11	10	0.000	0.000	0.000 ~ 0.240	0.002	0.000
150	頭前溪/新社	11	10	0.000	0.000	0.000 ~ 0.204	0.004	0.000
151	頭前溪/新竹市	12	10	0.000	0.000	0.000 ~ 0.120	<0.001	0.000
	合計					824.97 ~ 18899.00		

行政院農業委員會水土保持局
基於不同情境條件之震後坡地崩塌影響評估研究
附錄五 計畫書審查意見回復

委員意見	意見回復
1. 預擬結果之呈現方式，宜先有初步構想，再與 Big GIS 團隊討論其可行性。	遵照辦理，本計畫已擬定開發模組構想，後續將持續與 Big GIS 團隊進行討論，加速開發地震早期崩塌評估模組。
2. 本研究應該會用因子或成果的空間推估，但空間推估之模式和方法甚多，建議多嘗試不同模式分析並做驗證，以求得最切的成果。	遵照辦理，對於真實地震事件之空間推估，本計畫將使用與中央氣象局相同之方法進行震度空間推估，BigGIS 即時地震資料則介接國家災害防救科技中心提供之「地震網格化等震度即時資料」進行分析。

行政院農業委員會水土保持局
基於不同情境條件之震後坡地崩塌影響評估研究
附錄六 期初審查意見回復

委員意見	意見回復
1. 採用 PGA、PGV 雙指標之評估，應可多驗證其可行性，運用過去資料，包括 Big GIS 系統，應為可行。	感謝委員建議，遵照辦理。本計畫針對 PGA、PGV 雙指標體系，係採用過去地震資料驗證可行性，未來將加強其應用於 Big GIS 系統之可行性。
2. 坡地崩塌仍有許多地文因子需要進一步探討，包括土地利用、工程設施等可逐步納入考量。	感謝委員建議，本計畫發展之地震引致坡地崩塌模式中，將眾多可能因素簡化為三種主要因子，其目的即是因崩塌因子眾多，對於震後評估難度甚大，簡化後之因子較具實務應用上可行性，但也因此簡化後之模式應用上有侷限性，對於人為因素之影響因子目前暫不適用於本評估模式。
3. P.63 表 2-16 等坡面單元數量眾多，地震災害可能非對單一坡面單元，可能全區塊的運動，應注意如何納入考量。	感謝委員建議，以坡面單元評估坡地崩塌的確可能發生全區塊的崩塌，也就是坡面單元間發生連動效應，目前本研究尚未針對此一課題深入研究，建議在後續研究中辦理。
4. 報告封面請確認為工作執行計畫書或期初報告書。	遵照辦理，已修正為工作執行計畫書。
5. P.39 表 2-9 (PGA) 及表 2-10 (PGV) 兩誘發因子設定門檻值分別為 $\geq 250 \text{ cm/sec}^2$ 及 50 cm/sec^2 。其依據請強化論述，又其結果趨勢似未一致，請說明原因。	遵照辦理，本 PGA 和 PGV 之門檻值，係基於中央氣象局新制地震震度階級對照表，採用震級 6 以上區域的崩塌致災資料分析，建立適於震級 6 以上地區 ($\text{PGA} \geq 250 \text{ cm/s}^2$; $\text{PGV} \geq 50 \text{ cm/s}$) 之坡地易損性曲線，詳見報告書第三章第二節之說明。PGA 與 PGV 結果之差異，主因在於二者為不同的物理量，詳見報告書第六章第二～三節之說明。
6. 案例分析(研究區位)之選擇原則或依據為何？	感謝委員建議，本計畫研究區位是基於 921 地震事件之崩塌資料建立之地震誘發坡地崩塌之坡地易損性曲

	線，可適當表現本土之強震特性與地文環境特性。
7. 結合崩塌機率模式與 Big GIS 系統所建構之震後坡地崩塌評估之準確性(或可靠性)如何驗證。	遵照辦理，震後坡地崩塌評估需以真實案例驗證其準確性，目前我國實際案例仍較少，未來若有更多實際案例後即可驗證其應用於 Big GIS 系統之可行性。
8. 本工作執行計畫書之內容編撰縝密，其進度亦已超過期初報告書應呈現之內容，值得肯定。	感謝委員肯定。
9. 0323 花蓮地震於臺東造成震度 6 弱之案例，請予以該區域優化於坡地易損性模式評估中。	遵照辦理。
10. P.41 表 2-10 表格的編撰儘可能於頁頭。	遵照辦理，表格已修正。
11. 2021 年中央地調所公布的 36 條活動斷層，其與臺灣地震模(TEM)所選用的 44 條活動斷層不一致，建議仍以中央地調所官方資料為主。	遵照辦理，本計畫選取斷層帶已修正為中央地調所公布之活動斷層資料。
12. 以今年 0323 地震為例，PGA 及 PGV 所得的結果差距甚大，後續使用時應如何選擇。	感謝委員建議，本計畫已於期末報告中提出雙指標坡地易損管理模式建議，詳見報告書第六章第四節所述。
13. 請補充預期成果、崩塌的評估與實際崩塌的差異。	遵照辦理，預期成果已補充於報告書第一章。
14. 預計本計畫完成後，可於震後多久掌握崩塌的情形。	感謝委員指教，本模式在取得震度資料後可於震後 24 ~ 48 小時內完成崩塌評估，而若結合 BigGIS 系統，預期應可於數小時內完成。
15. 為評估未知斷層之崩塌機率，計畫擬細化震源分區，細化方式為何？	感謝委員建議，本計畫中細化震源分區係基於防護斷層模式，以斷層作為數個集水區之防護對象，並分別評估建置每條防護斷層之震源分區資料庫，再整併為全台之坡地崩塌評估資料庫，詳見報告書第四章第一節。
16. P68，坡面單元編碼方式，報告文中說明與表 2-17 不一致，係採用 12 碼或 16 碼？	感謝委員指教，原表 2-17 已修正為 12 碼。

行政院農業委員會水土保持局
基於不同情境條件之震後坡地崩塌影響評估研究
附錄七 期中審查意見回復

委員意見	意見回復
1. 本研究採用震度 6 級($PGA \geq 250 \text{ cm/sec}^2$, $PGV \geq 50 \text{ cm/sec}$), 而欲建構出坡地易損性曲線, 而震級 6 級之起迄年份之細節資料應予以列表。	遵照辦理, 根據歷史地震紀錄, 符合現行震級規範震級 6 級以上且有實際震度紀錄之地震僅有 921 地震, 因此本研究中以 921 地震紀錄作為建構坡地易損性曲線之基礎。
2. P31, 地表震度衰減率應列表眾學者之經驗公式及其條件。	遵照辦理, 地表震度衰減率之選擇必須符合地域性和通用性原則, 報告中已補充另一常見且通用之 Campell 衰減率供參考, 詳見報告書第三章第三節 P31~P32 所述。實際上, 能夠適用於台灣且符合 921 地震特性之衰減率其實並不多, 本計畫根據前人研究建議, 採用吳逸民等人對於臺灣地區之衰減率研究成果。
3. 表 2-1、表 2-2, 易損性曲線之函數應予以細部定義, 如常態分布中的 x, c, ζ ; β 分布中的 $\alpha, B(\alpha, \beta)$ 等。	遵照辦理, 已補充各函數中參數和係數說明, 詳見報告書第二章第二節 P12~P13 之說明。
4. 表 4-1, CGS 斷層對照中的利吉斷層應是編號 36。	感謝委員指正, 編號已修正。
5. 圖 3-16、3-17, 圖中應為「坡」向而非「波」向。	感謝委員指正, 圖 3-16、3-17 中之「波向」係指「坡面法線方向與地震波方向」, 與「坡向」不同。
6. P158, $PGV_{\max}$ 之單位有誤。	感謝委員指正, 單位已修正。
7. 本期中報告之進度希冀能看到初步的「雙指標坡地易損管理模式」等建置工作。	遵照辦理, 本計畫已於期末報告中提出雙指標坡地易損管理模式建議, 詳見報告書第六章第四節所述。
8. 震級、震度階級表等與氣象局使用之名詞不同, 建議地震相關文獻資料等使用之名詞, 儘量以中央氣象局使用的為準, 以利理解與閱讀。	感謝委員指正, 中央氣象局採用的全名是「地震震度分級表」, 本報告中簡稱震級, 名詞已修正。

9. 請補充內頁及參考文獻。	遵照辦理，參考文獻已補充。
10. P60 各河川流域之防護斷層評價結果應為附錄三。	感謝委員指正，附錄編排順序已修正。
11. P139 不同地震規模使用 PGA 或 PGV 評估崩塌量時，在規模 7.6 左右發生交錯，此結果後續建議應如何應用？	感謝委員建議，在地震規模 7.1~7.8 的分析中，PGA 與 PGV 因子之崩塌量在地震規模約 7.6 時發生交錯，PGV 因子提升顯著，表示此時 PGV 因子更為重要。而根據目前實際地震紀錄，PGV 為致災因子之評估結果應與實際崩塌較為相符，適合作為主要管理指標，而 PGA 為致災因子時則較為保守，則適合做為較低規模時之先行輔助指標。而地震規模的大小則可做為管理模式中不同指標準則變換的門檻值，根據不同地震規模，設定相應的管理模式和基準，詳見報告書第六章第四節所述。
12. P146 圖 7-4，若 BigGIS 已接收氣象局之震後網格資料，為何還需要自行作 IDW 內插運算？	感謝委員建議，本計畫針對震度推估提出二個方案，其一為直接介接國家災害防救科技中心提供之「地震網格化等震度即時資料」進行分析。其二為自氣象局下載測站震度資料再進行 IDW，經三方工作會議討論後，為求分析時效，採用前者作為震度推估之方案。
13. 比較圖 7-4 及圖 7-5，目前圖 7-5 似漏列震源分區之步驟。	感謝委員指正，本計畫目前已將流程簡化，無需再進行震源分區之判斷，圖 7-6 (原圖 7-5) 已修正。
14. 建議近期與 BigGIS 團隊及水保局召開三方工作會議，將研究成果實作於 BigGIS。	遵照辦理，本計畫已於 111 年 11 月 8 日與 BigGIS 團隊及水保局完成三方工作會議。
15. P135 報告指出以 PGV 評估將有較高漏判可能，是否有比較可能之差異有多少？如以雙指標評估是否可能造成準確度下降？	感謝委員指教，PGV 評估可能的漏判係來自於以 6 弱級為啟動評估之門檻，然而 6 弱級以上區域係以 PGV 定義，因此仍不能排除有可能因未達 6 弱級，但實際因具較高之 PGA 而產生之崩塌，目前因可得實際資料仍少暫無法評估可能的漏判，但以雙指

	標評估後正判率將可提升，但整體準確度則可能下降。
16. 少數坡面單元無法適用本計畫評估，建議可以檢視這些坡面因地震而導致崩塌情形，以瞭解對於整體評估是否有影響。	遵照辦理，這些不適用坡面主要是平坡或一、二級坡面，然後續在每次地震評估分析中，皆會檢視這些坡面是否影響整體評估結果。
17. 建議規劃未來在 Big GIS 系統上之應用或展示方式，如崩塌範圍、機率等。	遵照辦理，目前已完成 Big GIS 系統上之應用和展示方式，經過簡化分析後，其中主要包括坡面單元崩塌機率、最小崩塌面積和可能最大崩塌面積，並律定出圖和報表展示方式。

行政院農業委員會水土保持局
基於不同情境條件之震後坡地崩塌影響評估研究
附錄八 期末審查意見回復

委員意見	意見回復
1. 產生崩塌或落石之 PGA 或 PGV 之門檻值是否與地質參數有關？	感謝委員指教，本計畫之門檻值係指啟動 BigGIS 評估之門檻值，並以 6 弱級為啟動評估之門檻，即 $PGA \geq 250 \text{ cm/sec}^2$ ， $PGV \geq 50 \text{ cm/sec}$ 。
2. 新斷層或存疑斷層的結果，是否能進行分析？未來是否能納入評估？	感謝委員指教，對於新斷層或存疑斷層皆可進行分析。地震早期可藉由地震網格化等震度即時資料進行快速評估，震後若發現是新斷層或存疑斷層，則可藉由震央位置和高精度震度網格進行詳細評估。
3. 權重分數的依據為何？	感謝委員指教，各危害因子依據其重要性給予不同的權重及項目評分，權重依因子特性予以綜合評價，例如物性因子屬較客觀之因子，其特性不變且直接顯示斷層之危害性，因此給予其較高權重。特徵因子為前人研究中以各種理論和假定分析之成果，研究主體不同且具不確定性，因此屬較主觀之因子給予較低權重，詳見報告書第四章第三節之說明。
4. P59，圖 4-3 標題應為 (TEM2021)。	感謝委員指正，該處誤植已修正。
5. 震源分區細化採用防護斷層模式，表 4-3 初選出各河川流域之防護斷層有數條，最終是如何決定出 20 條活斷層？及如何劃分決定出各防護斷層的震源分區範圍。	感謝委員指教，各河川流域初選後之數條備選斷層，經危害因子評分後擇一為最適之防護斷層，由於危害較高之斷層在鄰近河川流域自然也具較高風險，因此比鄰之河川流域選出之防護斷層基本具一致性，最終自然形成 20 條防護斷層，同時自然形成防護斷層之震源分區範圍，詳見報告書第四章第三節之說明。

6. P135, $AL_{su, max}$ (最大崩塌範圍), 如何計算? (沒有公式說明)。又式 6-7 坡面可能最大崩塌面積 ($AL_{su, pa}$) 為何是最小崩塌面積與平均崩塌面積之平均, 建議補充說明。	感謝委員指正, 已修正 $AL_{su, max}$ 之公式及其說明。此外, $AL_{su, pa}$ 為最可能之崩塌面積期望值, 採用最大 (最悲觀) 與最小 (最樂觀) 崩塌面積之平均值計算較為合理, 亦已修正相關文字說明, 詳見報告書第六章第一節之說明。
7. P135, 第 1 行說明式 6-6 為坡面單元發生崩塌之平均面積, 而第 7 行說明卻為坡面單元最大崩塌面積, 請再確認。	感謝委員指正, 已修正 $AL_{su, max}$ 之公式及其說明, 詳見報告書第六章第一節之說明。
8. 計畫成果之崩塌警戒報告係以集水區為單位, 建議提供在實際減災策略上如何行動因應。因集水區範圍大, 警戒範圍結果可否再縮小。	感謝委員建議, 集水區風險等級管理將有利於未來水保局進行震後崩塌評估和進一步的減災策略擬定實務應用面參考, 例如大規模震災後早期無人載具空拍對於高風險地區的派遣選擇、土石流潛勢溪流或大規模崩塌潛勢區降雨警戒值調降、集水區複合型土砂災害減災因應策略等之參考, 詳見報告書第八章之說明。 此外, 理論上崩塌評估報告可針對更小之坡面單元進行劃定, 但目前囿於坡面單元仍有許多不確定性, 因此以集水區作為報告對象。主因在於本計畫雖採用的是中央地質調查所產製之坡面單元, 然而其面積大小在 0.11ha 至 524.78ha 之間, 如此大之差異建議應要進行較詳細之檢視比對, 以增進崩塌評估報告之正確性。